



OGRÄSBEKÄMPNING PÅ HÄRDGJORDA YTOR I URBAN MILJÖ

- bekämpningsstrategier och miljöpåverkan

Sandra Nilsson

Examensarbete

**Institutionen för lantbruksteknik
Avd för park- och trädgårdsteknik**

**Swedish University of Agricultural Sciences
Department of Agricultural Engineering**

**Rapport 224
Report 224**

**Alnarp 1997
ISSN 00283-0086
ISRN SLU-LT-R-224-SE**

PROJEKTLEDARENS FÖRORD

Denna rapport är en redovisning av ett examensarbete utfört av Sandra Nilsson på Hortonomprogrammet vid SLU (Sveriges lantbruksuniversitet). Rapporten publiceras också i hortonomprogrammets rapportserie för examensarbeten. I handledargruppen ingår Johan Ascard, Håkan Schroeder, Sven-Erik Svensson (samtliga verksamma vid Inst för lantbruksteknik, SLU) och Pål Börjesson (Inst för miljö- och energisystem, LTH). Arbetets har genomförts i samarbete med Lunds och Ystad kommun som också bidragit till finansieringen.

En viktig del av Inst för lantbrukstekniks FoU-verksamhet har inriktats mot miljöanpassad bekämpning av ogräs. Föreliggande arbete har placerat miljöpåverkan av olika bekämpningsstrategier i centrum. Denna inriktning har mycket hög sektorsrelevans eftersom förvaltningen av stadens utemiljö i likhet med många andra verksamheter i samhället genomgår en omfattande anpassning till skärpta miljökrav. Arbetet utgör därför ett värdefullt bidrag till den samlade kunskapsutveckling inom området.

Utöver ovanstående handledare vill jag särskilt tacka Göran Eriksson (Gatukontoret, Lunds kommun), Leif Gustafsson (Renhållningsverket, Lunds kommun), Per Larsson (Tekniska kontoret, Ystad kommun), Lars-Åke Svensson (Renhållningsverket, Lunds kommun), Ronny Viking (Tekniska kontoret, Ystad kommun) för det goda samarbetet vid genomförande av försök samt värdefulla synpunkter.

Institutionen för lantbruksteknik

Alnarp, maj 1997

Håkan Schroeder

SAMMANFATTNING

Med förändrade metoder för ogräsbekämpning och minskade resurser t ex inom kommunal verksamhet, uppstår nya problem. En hårdgjord yta där ogräs etablerat sig kan medföra estetiska, funktionella och tekniska problem. Många av de hårdgjorda ytor som finns idag anlades när det inte fanns några restriktioner för kemisk bekämpning.

Syftet med arbetet var att studera arbetsinsats samt antalet behandlingar vid olika metoder för ogräsbekämpning på hårdgjorda ytor i urban miljö. Arbetet omfattar även en studie av energiförbrukning och vissa avgasemissioner för de olika bekämpningsmetoderna. Försöken utfördes under 1996 (maj - november) i Lunds och Ystads kommun.

De undersökta metoderna var flamning, borstning (med stålwireborste och plattstålsborste), sopning, ättika, glyfosat och handhackning (manuell bekämpning). Metoderna studerades var för sig samt i olika kombinationer.

Handhackning respektive glyfosatsprutning krävde minsta antalet behandlingar (2 ggr) per säsong medan stålwireborstning med minitraktor kombinerat med sopning med minitraktor krävde flest antal behandlingar (8 ggr). Räknat per behandling var handhackning den minst energikrävande ogräsbekämpningsmetoden medan plattstålsborstning med lastbil var den mest energikrävande. Av de undersökta metoderna var, förutom handhackning, glyfosat (ryggspruta) den metod som med den använda beräkningsmetoden gav både minst total energiåtgång och lägst upphov till nettoemission av koldioxid per säsong medan plattstålsborstning med lastbil gav högst energiåtgång och högst upphov till nettoemission av koldioxid.

Varken en energianalys eller en beräkning av koldioxidemission ger något entydigt svar på vilken metod som är minst miljöbelastande. Snarare skall detta ses som två av flera parametrar som kan inkluderas i ett mera omfattande beslutsunderlag. Om man vill använda denna metod i den egna förvaltningen måste man räkna om värdena till de lokalt rådande förhållandena med avseende på metod och spridningssätt.

Bekämpning av ogräs måste i framtiden bygga på användandet av olika metoder (kemiska, mekaniska, termiska). Vidare måste ogräskontrollen bygga på en kombination av förebyggande åtgärder och olika direkta bekämpningsinsatser. Behovsanpassad ogräsbekämpning rekommenderas för en hållbar samhällsutveckling.

SUMMARY

New problems arise in urban weed control on hard surfaces as a direct response to the use of new methods and reduced economical resources. Weed established on hard surfaces involve esthetic, functional as well as technical problems. Numerous of hard surfaces in urban areas in Sweden were constructed when chemical weed control was permitted without restrictions.

The aim of this investigation was to study the number of treatment and labor required for different methods of urban weed control. The energy use and the amount of carbon dioxide emission for the methods were also calculated. The experiments were carried out (May until November, in 1996) in two cities in southern Sweden; Lund and Ystad.

The investigated methods, which were studied as single methods and in different combinations, was flaming, brushing (wire brush and steel brush), sweeping, acetic acid, glyphosate and manual weeding.

This study shows that manual weeding and the use of glyphosate needed least amount of treatment (2 times) per year while wire brush combined with sweeper needed the largest amount (8 times). Calculated per treatment manual weeding was the least energy consuming method while wire brushing with truck was the most energy consuming. With the exception of manual weeding glyphosate (manual spraying and sweeping) gave the least energy consuming and the least carbon dioxide generating method over the season while wire brushing with truck was both the greatest energy consuming method and the greatest emitter of carbon dioxide.

Neither an energy analysis nor a calculation of carbon dioxide emission can answer the question which one of the methods has the least environmental impact. The energy consumption and the carbon dioxide emission should be looked upon as one of many parameters in a more extensive basis of resolution. If used on other locations it is needed to deduct a recalculation based upon the local circumstances.

Future weed control will involve the use of different methods such as chemical, mechanical and thermal methods. Weed control has to be a result of a combination of preventive and different direct weed control methods. In a sustainable society weed control according to requirements is recommended.

Innehållsförteckning

1 INLEDNING	1
2 LITTERATURSTUDIE	2
2.1 OGRÄS	2
2.2 OGRÄSBEKÄMPNING	4
2.3 FLAMNING	5
2.4 BORSTNING	7
2.5 SOPNING	8
2.6 ÄTTIKA	9
2.7 GLYFOSAT	10
2.8 HANDHACKNING	12
2.9 VÄDRETS INVERKAN PÅ BEKÄMPNINGSRISULTATET	12
2.10 MILJÖPÅVERKAN	12
2.11 VAD ÄR MKB?	14
2.12 VAD ÄR ENERGIANALYS?	16
2.13 ENERGIHANTERING	17
2.14 YSTAD OCH LUND	18
3 MATERIAL OCH METOD	20
3.1 FÖRSÖKSUPPLÄGGNING	20
3.2 FLAMNING	21
3.3 BORSTNING	21
3.4 SOPNING	21
3.5 ÄTTIKA	21
3.6 GLYFOSAT	22
3.7 HANDHACKNING	22
3.8 ENERGIANALYS	22
3.9 BERÄKNING AV KOLDIOXIDEMISSION	23
4 RESULTAT	24
4.1 FÖRSÖKSRESULTAT	24
4.2 ANDRA DETALJRESULTAT	26
5 DISKUSSION	27
5.1 ENERGIANALYS	27
5.2 FLAMNING	28
5.3 BORSTNING	28
5.4 SOPNING	29
5.5 ÄTTIKA	29
5.6 GLYFOSAT	30
5.7 HANDHACKNING	30
5.8 SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER	30
6 REFERENSER	32
6.1 LITTERATUR	32
6.2 PERSONLIGA MEDDELANDEN	34
BILAGA 1. FÖRSÖKSBEHANDLINGAR PÅ DE OLIKA PLATSERNA	35
BILAGA 2. DATUM FÖR UTFÖRDA BEKÄMPNINGAR	37
BILAGA 3. ENERGIANALYS	39
BILAGA 4. BERÄKNING AV CO₂-EMISSION	43
BILAGA 5. KEMIKALIEINSPEKTIONENS GODKÄNNANDE AV KEMISKA BEKÄMPNINGSMEDEL	44

1 INLEDNING

Intresset för miljöanpassad skötsel av hårdgjorda ytor har av olika orsaker ökat under de senaste åren. Ogräsproblemen i urbana miljöer har uppstått som en följd av minskade resurser för anläggning, underhåll samt skötsel av de hårdgjorda ytorna samt som en följd av restriktioner eller förbud mot användande av kemiska bekämpningsmedel i många kommuner. På senare tid har man även konstaterat att ytorna ur ogrässynpunkt är felaktigt anlagda.

Det kommer att bli mycket svårt att i framtiden bibehålla samma låga ogräsnivå som tidigare i den urbana miljön under rådande förutsättningar. I framtiden kommer man dels att få vänja sig vid 'lite ogräs' i hörnen dels kommer man att få vara beredd på att utnyttja olika metoder och olika kombinationer av metoder för att uppnå acceptabla resultat.

För att kunna minska problemen med miljöstörande verksamheter och få en fortsatt hållbar samhällsutveckling krävs att de som kan påverka beslut besitter grundläggande kunskaper om ekologi, miljövard och miljöproblem samt att de utnyttjar de förvärvade kunskaperna i praktiken i det dagliga arbetet. Detta kan t ex tillämpas vid planering av ogräsbekämpning.

Syftet med föreliggande arbete var att öka kunskaperna om olika metoder för ogräsbekämpning på hårdgjorda ytor i urban miljö, dvs studera arbetsinsats, resursbehov och antal nödvändiga behandlingar per år samt att kunna göra en jämförelse mellan dessa med avseende på energiförbrukning och nettoutsläpp av koldioxid.

2 LITTERATURSTUDIE

Här ges en introduktion till dels vad ogräs och ogräsbekämpning är och vilka problem de kan medföra, dels en introduktion till värdering av miljökonsekvenser.

2.1 Ogräs

Ogräs är i dagligt tal ett samlingsnamn för växter som växer på fel plats. En växt kan således vara vacker blomma på ett ställe och ogräs på ett annat. Det är vi människor som avgör vad som är rätt eller fel i detta avseende. I naturen däremot, finns inga ogräs utan bara olika växter som konkurrerar om livsutrymmet. När vi skapar ytor utan växtlighet, är det därför naturligt att olika växter försöker ockupera utrymmet. Man kan säga att ogräsen är första steget i en naturlig igenväxning. Ogräsen försöker läka de sår vi skapat. (*Ogräsbekämpning på hårdgjorda ytor*, 1990.)



Bild 1. Ogräs i urbana miljöer kan leda till en förfulning av den offentliga miljön. Västertulls torg, Lund.

2.1.1 Ogräsbiologi

Växter har alla olika strategier för överlevnad. Gemensamt för alla är att de behöver ljus, vatten och näring för att leva. Växter uppvisar en enorm variation i förmågan att anpassa sig till och överleva i skilda livsvillkor. En del växter har t ex specialiserat sig på att överleva i en vattenfattig miljö medan andra växter klarar kyla eller översvämning bättre än andra. Specialiseringen innebär att växterna får sin egen nisch och inte behöver konkurrera om samma livsutrymme som andra arter, dessutom skapas en variation i naturen som bidrar till den biologiska mångfalden.

Jorden förser växterna med näringsämnen och förankrar dem i detsamma. Växter behöver näringsämnen för att kunna växa.

Växter förökar sig antingen genom att snabbt sätta frö och se till att dessa sprids med vind, vatten, djur eller genom utlöpare eller rötter. De första kallas fröogräs och de senare rotoogräs. Vissa fröogräs har förmåga att sprida stora mängder frön vilket innebär att jorden kontinuerligt tillförs fröer av olika slag, en enda planta av t ex baldersbrå ger normalt c:a 30 000 frön. Fröna gror, t ex på våren, så fort de rätta villkoren uppstår. Rotoogräsen kan börja växa från en liten del av roten som är laddad med näring. Även andra delar av växten kan utgöra den vegetativa spridningsformen. Exempel på detta är t ex jordstammar och ovan- eller underjordiska utlöpare. Många av dessa former kan övervintra. Med utgångspunkt från den vegetativt spridda delen kan det bildas blad som i sin tur kan producera energi för roten och hela växten.

Beroende på om det är ett rotoogräs eller ett fröogräs som skall bekämpas så måste alltså olika bekämpningsstrategier tillämpas med avseende på överlevnads- och spridningsbiologi.

2.1.2 Ogräs i urban miljö

På en asfaltyta finns inte mycket att växa i och frön som landar där får inget fäste för sina rötter. Om det däremot skulle finnas en spricka i asfalten samlas jordpartiklar och liknande lätt där, vilket innebär att ogräs kan etablera sig. Detta leder i sin tur till att ännu mera partiklar samlas och att ogräset kan breda ut sig över en allt större yta. Sprickan skapar de rätta livsbetingelserna med avseende på substrat och tillgång på vatten. Detta innebär alltså att det är viktigt att sopa upp höstens löv och gruset från vinterskötseln.

Om en yta slits mycket växer den inte igen (*Ogräsbekämpning på hårdgjorda ytor*, 1990). Så länge någon spelar boll på grusplanen eller går på den stenlagda gången, växer den således inte igen. När ytorna används mindre frekvent så kommer ogräset tillbaka. Ogräset finns alltså överallt där livsbetingelserna; ljus, vatten, näring samt inget slitage, är uppfyllda.

2.1.3 Varför ogräsbekämpning på hårdgjorda ytor?

Vi är inte vana vid att se ogräs i urban miljö. Decennier av kemisk bekämpning har gjort att de hårdgjorda ytorna i de centralare delarna av stadsmiljön i stort sett varit ogräsfria. En hårdgjord yta definieras som en markyta som är belagd med betong, asfalt, sand, grus eller sten.

Med förändrade bekämpningsmetoder och resurser, uppstår nya problem. En hårdgjord yta där ogräs etablerat sig kan medföra estetiska problem, framkomlighetsproblem (funktionella aspekter) och kan även innebära att ytans livslängd förkortas (tekniska och ekonomiska aspekter). De hårdgjorda ytor som finns idag anläggs när kemisk bekämpning var tillåten och är anlagda ur den utgångspunkten. Således kan felaktigt anlagda ytor medföra ogräsproblem.



Bild 2. *Felaktigt anlagd eller snarare, felaktigt lagad yta.*

2.2 Ogräsbekämpning

För att bekämpa ogräs kan olika metoder tillämpas. Bekämpningsmetoderna kan indelas i kemiska, mekaniska samt termiska metoder. De kemiska metoderna är sprutning eller avstrykning av en kemisk substans (herbucid), t ex glyfosat eller ättika. De mekaniska metoderna är ogräsborstning, ogrässopning samt handhackning. Flamning klassas som en termisk ogräsbekämpningsmetod. Dessa metoder används dels för sig och dels i kombination med varandra. Det kan t ex innebära att man tidigt på säsongen så att säga renoverar ytan (dvs åtgärdar väletablerade, svårbekämpade ogräs) med glyfosat och att man sedan under säsongen underhåller ytan med sopning.

2.3 Flamning

Flamning av ogräs är en av de metoder som klassas som termisk bekämpning. Metoden är vanlig framförallt i ekologisk odling av bl a grönsaker men kan användas på alla typer av hårdgjorda ytor där det inte finns lättantändligt material. Metoden ger bäst effekt på ogräs som växer på relativt jämna och släta ytor samt när ogräsen är små. Flamning fungerar genom att en gasolflamma träffar ett ogräs som då hettas upp. Detta leder till att växtens cellmembran brister och att proteiner koagulerar; vilket i sin tur leder till att växten torkar ut och dör. Detta skall inte förväxlas med bränning av ogräs. Flamning eliminerar de eventuella risker som t ex användandet av kemiska herbicider kan innebära.

På senare år har forskningen rörande flamning främst varit riktad mot agrara tillämpningar. Man har kommit fram till att gasol är ren (jämfört med andra fossila bränslen) men energikrävande samt att dosen kan anpassas efter ogräsen artsammansättning och storlek. Ökad kunskap om energibehov för olika ogräsarter i olika utvecklingsstadier och användande av bästa tekniska lösningar skulle kunna minska energiåtgången och öka kapaciteten på flamningsutrustningen menar Ascard (1995, 1996).

För känsliga ogräsarter, t ex svinmålla (*Chenopodium album*), etternässla (*Urtica urens*) och våtarv (*Stellaria media*), i hjärtbladstadiet och upp till 4 örtblad krävdes gasoldoser på 10-20 kg/ha för att uppnå 95% ogräseffekt medan det krävdes 20-50 kg/ha för att uppnå 100% effekt. I senare utvecklingsstadier (4-12 örtblad) eller vid flamning av mera svårbekämpade arter, krävdes avsevärt större doser (50-200 kg/ha) för att uppnå full effekt. Vissa toleranta arter som t ex vitgröe (*Poa annua*) kunde inte bekämpas fullständigt oavsett dos (Ascard, 1995).



Bild 3. Flamning i urban miljö.

Flamning för ogräsbekämpning i urbana miljöer är vanligast vid eftersatt underhåll i kombination med andra metoder. I dessa fall har en annan, t ex mekanisk, metod använts för att renovera ytan. Därefter har flamningstekniken tagits till som underhållsbehandling.

Gasol är en luktfri gas (vid normalt tryck och normal temperatur) som används vid flamning av ogräs. Gasol är i Sverige ett handelsnamn för lättflyktiga kolväten som vid atmosfärstryck kokar vid temperaturer mellan ca -50°C och 0°C (*Gasolboken*, 1987). I engelsktalande länder används förkortningen LPG vilket betyder Liquefied Petroleum Gas.

Kemiskt sätt består gasol av mättade kolväten med 3 eller 4 kolatomer, varav propan (C_3H_8) är den dominerande (95%), samt butan (C_4H_{10}). Gasol innehåller dessutom mindre mängder omättade kolväten, t ex etan (C_2H_6) och pentan (C_5H_{12}). Gasol utvinns ur naturgas eller råolja och har högre densitet än luft. Merparten av den gasol som används i Sverige förbrukas av industrin (*Gasolboken*, 1987) men gasol används även som motorgas och för uppvärmning.

Vid fullständig förbränning av ett kolväte bildas koldioxid och vatten. Vid flamning med gasol kan däremot inte förbränningen sägas vara fullständig (Ascard, pers. medd.) utan det bildas sannolikt olika föreningar varav NO_x -gaser är tänkbara sådana. Koldioxid är en viktig källa för växthuseffekten. Tabell 1 visar vilka avgaser som bildas vid fullständig förbränning av propan respektive butan, i torr luft. För blandningar av propan och butan blir värdena proportionella mot blandningsförhållandet.

Tabell 1. Avgaser vid fullständig förbränning med torr luft (Källa: Gasolboken, 1987)

avgaser vid förbränning (m^3/m^3 gas)	propan	butan
CO_2	3,00	4,00
N_2	18,80	24,44
H_2O	4,00	5,00
totalt	25,80	33,44

2.3.1 Vad kostar flamning?

Flamning är generellt dyrare än kemisk ogräsbekämpning. Dock är det inte gasen som är dyr utan kapitalkostnaden för utrustningen (traktorburna redskap). För urbana tillämpningar används i nuläget främst handbrännare vilka medför betydligt lägre kapitalkostnader. Gasol kostar idag 10-20 kr/kg, beroende på leveransort, behållare och kvantitet. Metoden kräver mera energi än både kemisk och mekanisk ogräsbekämpning enligt Ascard (1995).

Utrustning för termisk bekämpning finns i flertalet utföranden och storlekar, vilket medför att metoden kan användas på både större och mindre ytor. Kostnaden för maskinell termisk bekämpning på relativt stora ytor kan beräknas till ca 0.30 kr/m². Detta ger en årskostnad av ca 1.50 kr/m² vid 5 behandlingar per år (Svensson, pers. medd.).

Kapaciteten för manuell flamning med hänsyn tagen till väder, transporter, gasolflaskbyten etc. uppgår till 1 000 m² vid handburen flamning och 4 000 m² vid hjulburen flamning (barnvagnsmodell) enligt Nilsson et. al. (1988). Timkostnaden för en man som skall utföra flamningen uppskattas till 180 kronor vilket inkluderar lön, sociala avgifter, semester och sjukfrånvaro men inte arbetsledning, redskap eller transporter etc. (Schroeder, pers. medd.). Kostnaden¹ för handburen flamning blir då ca 1.50 kr/m² medan kostnaden för hjulburen flamning blir ca 0.40 kr/m².

¹ 180 kr/h x 8 h = 1 440 kr/dag.

naden¹ för handburen flamning blir då ca 1.50 kr/m² medan kostnaden för hjulburen flamning blir ca 0.40 kr/m².

2.4 Borstning

Borstning är en metod som används alltmer i ogräsbekämpande syfte på hårdgjorda ytor. Ogräs som växer på asfalt- eller stenytor kan bekämpas med speciella ogräsborstar. Det finns i huvudsak två olika typer. Den första är en borste av stålwiretyp som skär eller sliter bort ogräset genom att penselborstmonterade wirear (i knippen) roterar cirkulärt på ytan. Borsten monteras t ex på en minitraktor. Metoden lämpar sig för renovering av eftersatta ytor med stora ogräs enligt Piga et al. (1996). Efter en renoveringsinsats kan de efterföljande bekämpningarna av den späda återväxten antingen ske genom borstning eller med hjälp av termisk bekämpning. Tre behandlingar per säsong kan ses som ett riktvärde om enbart ogräsborstning skall användas men är beroende av olika parametrar såsom ogräsarter, väderleksförhållande samt önskad skötselstandard.

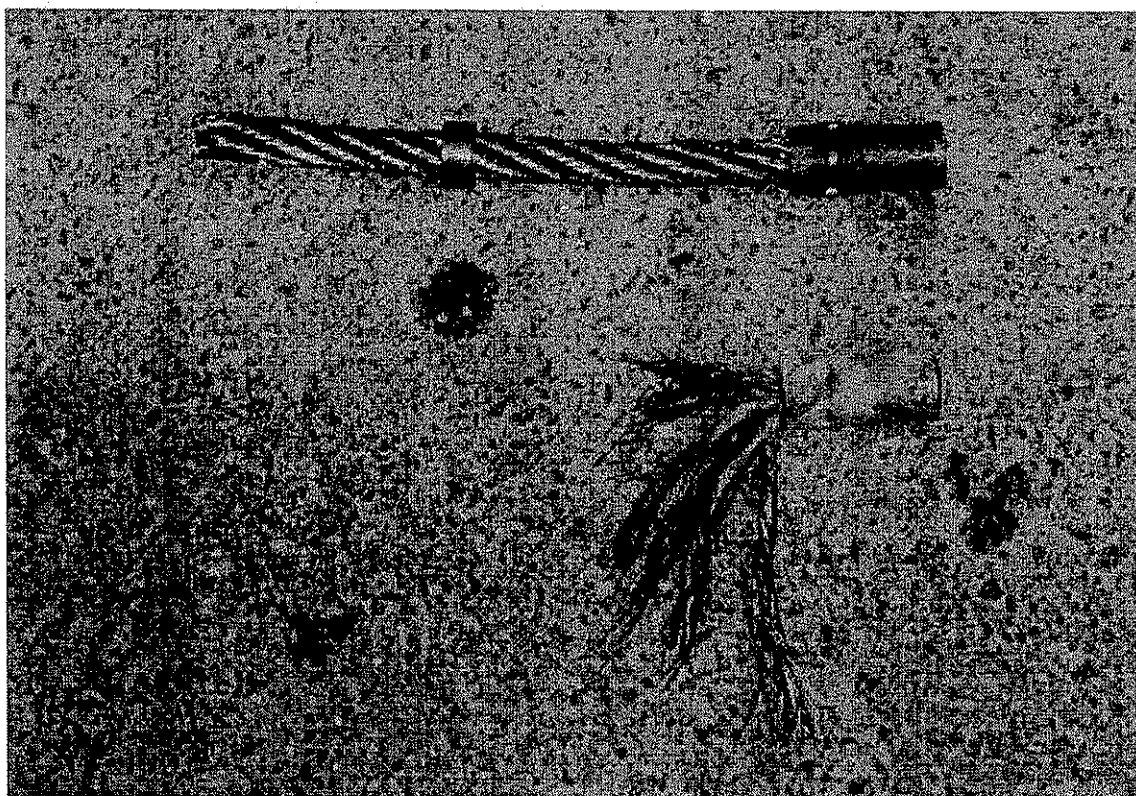


Bild 4. Penselborstar av stålwiretyp som monteras på minitraktor eller lastbil. Överst: ny borste; underst förbrukad borste.

Bäst effekt ger borsten då ytan (och därmed ogräsen) är något fuktig; t ex efter regn, beroende på att det då är lättare att riva upp en del av eller hela rotsystemet. Även ur andra perspektiv kan det vara en fördel att bekämpa ytan då den är fuktig, t ex för att skona föraren och omgivningen från dammet. Piga et al. (1996) hävdar att genom att tillsätta vatten (sprutas på borsten) binder man dammet samtidigt som borstens livslängd ökar p g a minskad friktion. Bors-

¹ 180 kr/h x 8 h = 1 440 kr/dag.

Handburen flamning, kapacitet 1 000 m²/dag. 1 440 kr ./ 1 000 m² = 1.44 kr/m².

Hjulburen flamning, kapacitet 4 000 m²/dag. 1 440 kr ./ 4 000 m² = 0.36 kr/m².

Observera att flamning måste utföras flera gånger per säsong vilket medför ett högre säsongspris.

tens livslängd varierar enligt Svensson (1991) mellan 50 och 150 timmar beroende på anliggningsstryck, närvaro av vatten samt förarens skicklighet.

Den andra sortens borste är av plattstålstyp med plattstålen monterade i knippen. Plattstålen finns att tillgå i olika bredd och därmed olika skonsamhetsgrad. Denna typ av borste monteras ofta på en upptagande sopmaskin, vilket ibland kan medföra att tillgängligheten minskar. I övrigt fungerar denna borste ungefär som den av stålwiretyp.

2.4.1 Vad kostar borstning?

Praktiska erfarenheter visar att kostnaden för ogräsbekämpning med ogräsborste kan vara konkurrenskraftig (0,30 - 0,70 kr per löpmeter och behandlingstillfälle; Piga et al. (1996)). När ogräsborsten monteras på upptagande sopmaskin utförs den ordinarie sopningen samtidigt som ogräsbekämpningen.

2.5 Sopning

Sopning, oftast med en valsborste, har i många år använts som renhållningsmetod i urban miljö. Genom att sopa upp alla gamla löv, partiklar, ogräsfrön mm försämrar ogräsens livsmiljö eftersom rotsubstratet avlägsnas. Ogräset finns ju överallt där livsbetingelserna; ljus, vatten, näring samt inget slitage, är uppfyllda. Detta innebär att metoden även kan användas för bekämpning av ogräs. Sopningsmetoden klarar dock inte så stora ogräs som borstningsmetoden gör vilket innebär att den inte är lämplig som renoveringsmetod utan snarare som underhållsmetod. Sopningen bör utföras redan då ogräsen är mycket små eftersom de lite större ogräsen tenderar att böja sig under den relativt mjuka sopen.

Genom att vissa ytor som torg och liknande ofta behöver renhållning, bland annat beroende på att människor som vistas där skräpar ner, uppnås dubbel effekt vid sopning eftersom ogräsproblemet samtidigt elimineras. Oftast används sopar av polypropen eller polyester som monteras på upptagande maskiner, dvs maskiner som efter utförd sopning/bekämpning även suger upp skräpet/ogräset.

Som regel utförs sopningen efter ett bestämt schema. Ofta en eller flera gånger i veckan på trottoarer eller på torg efter varje dag med torghandel. Detta gör att metoden lämpar sig väl för ogräsbekämpning på grund av dess goda effekt vid regelbunden och upprepad användning. Användningen av sopning efter ett förutbestämt schema är ett i kommunerna inarbetat system och lättare att utföra än behovsanpassad ogräsbekämpning.

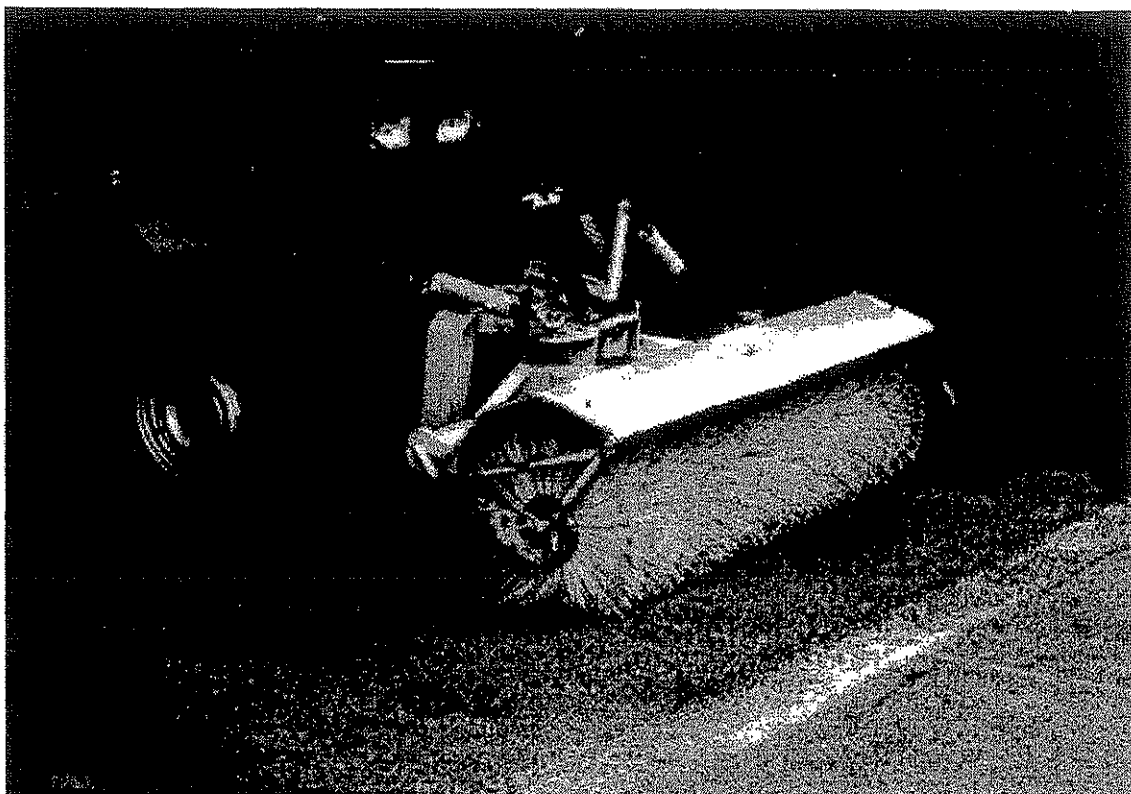


Bild 5. Sop av valsborsttyp.

Ökad sopningsfrekvens minskar ogräsen möjligheter att etablera sig och anses av Svensson & Schroeder (1994) därför vara ett ekonomiskt intressant komplement till direkta bekämpningsinsatser. Man spar inga pengar på att ha en alltför låg sopningsfrekvens eftersom detta i stället kan leda till att ytorna skadas av ogräset.

Sopningen utförs oftast av dieseldrivna maskiner. Detta gäller även för ogräsborstning och större flammingsaggregat. Dieselmotorn används också inom många andra områden trots diesels kända miljöpåverkan.

2.6 Ättika

Ogräsbekämpning med ättika klassas som kemisk ogräsbekämpning. Ättikan är ett kontaktverkande bekämpningsmedel utan selektiv effekt. Detta innebär att enbart de gröna delar av växten som träffas av ättikan dör. Kemikalieinspektionen godkände genom beslut 1995 fem preparat med ättika som verksamt ämne. Sedan dess är även ett sjätte ättikspreparat godkänt. Två av preparaten placerades då i behörighetsklass 3, Perstorps Trädgårdsättika samt Bio Ogräsättika 12%. Perstorps Ogräsättika, Bio Ogräsättika Y 12% samt Ogräsättika Y 24% placerades i behörighetsklass 2. Klassificeringen enligt denna tregradiga skala innebär att det finns krav på utbildning för användande av klass 1- respektive klass 2-preparat medan klass 3 innebär att det är ett medel som får användas av var och en². Hansson et al. (1994) rekommenderar 0,2 liter 12% ättika per kvadratmeter för att få 90% ogräsdöd (LD₉₀), vid ogräsbekämpning på hårdgjorda ytor.

Ättika är en i naturen förekommande förening. Vid aeroba (tillgång på syre) förhållanden bryts ättiksyran ned av marklevande mikroorganismer. Då olika växter bryts ned avger de under anaeroba (syrefria) förhållanden olika halter av ättiksyra. Vid fullständig förbränning av

² Se vidare bilaga 5.

ättika (CH_3COOH) bildas koldioxid och vatten. Ättika är en i vatten löslig syra med pKa-värde 4,76 enligt Stark et al. (1982).

Om ättikan framställts av petroleum innebär detta ett nettotillskott av koldioxid till atmosfären. I jämförelse med andra utsläpp bedöms dock detta nettotillskott vara relativt litet (Hansson et al, 1994). "Om alla hårdgjorda ytor ogräsbekämpas i Göteborgs centrum kommer det att gå åt ca 10 ton 12% ättika. Antar man att ättikan bryts ned fullständigt kommer atmosfären få ett extra tillskott på 1,9 ton CO_2 . Det kan jämföras med en dieselbil som under ett år släpper ut ca 3,3 ton CO_2 per år" (Hansson et al. 1994). Om ättikan däremot framställs ur biomassabaserad etanol, utgör den i sig ingen nettotillskott av koldioxid. Ättika är dock ett kraftigt extraktionsmedel som kan lösa ut näringsämnen och tungmetaller ur jorden.

Ju större ogräsen är desto svårare är de att bekämpa. I ett tidigt stadium är ogräsen känsliga mot ättika men efterhand som de utvecklar ett kraftigare rotsystem, tjockare kutikula³ samt utvecklar vaxskikt på bladens ytor så blir de mer motståndskraftiga mot ättika. Mängden ättika per biomassa blir lägre ju större ogräset är då samma dos användes på en yta, vilket också kan bidra till att stora ogräs verkar vara mer okänsliga för bekämpning med ättika (Hansson et al. 1994).

Ättikans påverkan på mark berör utlakning, pH-värde, mikroliv samt markstruktur. Risken för utlakning av ättika är störst i vattenmättade jordar med större kornstorlekar (t ex grus- och sandjordar) samt minst i finkorniga jordar (t ex lerjordar). Hårdgjorda ytor anläggs på ytor som snabbt skall kunna avvattnas vid t ex regn och sådana underlag är sand och grus. Det är således sannolikt att utlakningen av ättika når djupare ned i marken vid behandling av en hårdgjord yta än den skulle ha gjort om ytan varit mer finkornig. Är dessutom sand- och grusbäddarna vattenmättade anses risken för utlakning ännu större. Vätejonkoncentrationen (som är ett mått på pH-värdet) från ättikan kommer dock inte att bli så hög i marken; dels beroende på att ättikan snabbt bryts ned till koldioxid och vatten och dels att marken har en buffrande förmåga. Den buffrande förmågan (CEC^4) är hög i torvjordar medan den är lägre i sandjordar. Mikrolivet i marken störs av pH-sänkningar men nitrifikationen påverkas inte. Ättika kan påverka markstrukturen negativt i jordar med små fraktioner och aggregatstruktur, däremot påverkas inte jordar med grövre fraktioner med enkelkornstruktur (Hansson et al. 1994).

2.6.1 Vad kostar ogräsbekämpning med ättika?

I Sverige finns det två företag som säljer ättika för ogräsbekämpning. Det ena företaget baserar försäljningspriset på var i landet köparen finns, dvs fraktkostnaden är inkluderad. Detta innebär t ex att om en kommun i Stockholmstrakten köper en container ättika (800-900 liter) så får de betala 5,50 kr/l (12%) (Arnell, pers. medd.). Detta ger ett kvadratmeterpris på 1,10 kr vid en dos på 0,2 liter per kvadratmeter.

2.7 Glyfosat

Glyfosat (isopropylaminsalt) är en systemiskt verkande herbicid som bl a säljs under preparatnamnet Roundup. Glyfosat används mot icke önskvärd vegetation (totalbekämpning) på åkermark, i skogsmark, på ängs- och hagmark, i fruktodlingar, plantskolor, trädgårdar, på allmänna platser, vägrenar och industriområden. Särskilda villkor gäller för användningen på åkermark och i skogsmark. Herbiciden appliceras genom sprutning eller avstrykning. Vid

³ Det yttersta skiktet av bladets celler.

⁴ Cation Exchange Capacity = katjonbyteskapacitet

avstrykning fuktas en veke med preparatet (genom en behållare innehållande preparatet i hög koncentration) och sedan strykes vecken mot avsett ogräs. Dokumentationen vad gäller glyfosat är omfattande och anses allmänt vara ett av de mest väldokumenterade bekämpningsmedlen enligt Kemikalieinspektionen.

I Kemikalieinspektionens "PM inför beslut" daterat 1992-12-07, beskrivs glyfosats behov och effektivitet på följande sätt:

"Ett flertal effektivitetsstudier har utförts med Roundup (störst användningsområde av glyfosatmedlen) och den nya formuleringen Mon 52276 (Roundup Bio). Roundup har som totalbekämpningsmetod god till mycket god effekt mot de flesta örtogräs och gräsogräs. Störst är behovet för bekämpning av fleråriga gräsogräs efter skörd på hösten eller före sådd på våren. Roundup har god effekt vid avstrykning mot vattenväxter, främst bladvass i vattendrag, sjöar mm. I försök med reglering av lövsly genom bladapplicering från marken visar Roundup mycket god effekt på asp och björk. Även hämningen av rot- och stubbskott är god till mycket god.

Det finns även ett behov av klass 3-medel för totalbekämpning i trädgårdar, gårdsplaner, gångar etc. Bekämpning kan dock i de allra flesta fall, med kunskap och viss möda, klaras av med alternativa metoder till kemiska medel. Det gäller t ex användning av hackredskap, täckning, flämsning etc. Den övervägande delen av den kemiska ogräsbekämpningen som idag utförs i hemträdgårdar och liknande bör istället kunna ske med alternativa icke kemiska metoder. För ett fåtal ogräs och situationer, t ex vid riklig förekomst av kirskaål och kvickrot, kan kemisk bekämpning kanske ändå vara det enda återstående alternativet för en jäktad trädgårdsägare."

Bekämpningsresultaten är beroende av artsammansättningen, utvecklingsstadiet samt väderförhållanden. Svårbekämpade ogräs anses i detta avseende vara kirskaål, hästhov samt tistel och åkerfräken. Gräsogräs såsom kvickrot skall ha minst tre fullt utvecklade blad. Detta är, menar Andersson et al. (1991), speciellt viktigt för gräsogräs med långa utlöpare då den nedåtgående vätsketransporten till rötterna inte har nått sin fulla kapacitet förrän vid detta utvecklingsstadium. Vid en tidigare bekämpning transporterar inte plantan preparatet till alla växtdelarna, vilket kan leda till att några skott överlever, vilka senare kan skjuta skott på nytt. Bekämpning måste alltså ske då plantan är vid god vigör. Fleråriga örtogräs är känsligast i knopp eller tidigt blomstadium eftersom näringstransporten från bladmassan till rotsystemet då är som vitalast. Ettåriga örtogräs är känsliga i de flesta stadier. Väderförhållandena är viktiga såtillvida att hög temperatur ger snabb upptagning och verkan. Användning åtföljd av lägre temperatur har bäst verkan. Ihållande torka ger en förtjockning av ogräsen (växternas) vaxskikt vilket försvårar upptagningen av preparatet. Man bör heller inte bekämpa vid alltför fuktig väderlek (dagg, regn) eftersom utspädnings effekter då försämrar effekten av preparatet. De visuella effekterna av behandling med Roundup kommer efter 5 - 21 dagar beroende på omsättningshastigheten i växten.

Ogräsbekämpning med glyfosat kostar ungefär 50 öre per kvadratmeter och det krävs 2 - 3 behandlingar per år (Due, pers. medd.).

2.7.1 Applicering av glyfosat genom avstrykning

Ur miljösynpunkt bör avstrykningstekniken vara den överlägset bästa anser Andersson et al. (1991), eftersom preparatet endast avsätts på de ogräs som kommer i kontakt med vecken/avstrykaren. Ogräsen uppträder ofta i skarvar och oregelbundenheter av olika slag i ytan, vilket talar för punktbehandling. I agrara tillämpningar där avstrykningsmetoden används förekommer ogräsen något mer regelbundet än på hårdgjorda ytor. Det är viktigt att

man inte kommer i kontakt med markytan eftersom veken då smutsas ned vilket ger sämre effekt av bekämpningen. Detta försvårar användningen på hårdgjorda ytor eftersom dessa ofta har lågväxande ogräs.

Ogräsen bör avstrykas från två olika riktningar för att nå bästa preparattäckning. Eventuellt kan ett färgämne tillsättas som gör det lättare att se vilka ytor som täckts. Preparatåtgången kan minskas betydligt vid användning av avstrykning jämfört med sprutning menar Andersson et al. (1991). I agrara tillämpningar, t ex vid ogräsbekämpning vid tröskning används samma dos vid avstrykning som vid sprutning. Fredrik Lundén (pers. medd.) menar att minskningen av preparat främst är möjlig genom punktbehandling och inte som ett resultat av appliceringsmetoden.

Avstrykningsmetoden har bl a använts på Spillepengen i Malmö som är en gammal soptipp. För att komma tillrätta med spridningen av tistlar där man planerat för framtida ängsmark använde man sig av avstrykning med 50 % glyfosat och 50 % vatten på ett avstånd över 70 cm från marken. Detta innebar att även hundkex och andra ogräs träffades av preparatet medan de lägre växterna skonades. Effekten var god (Due, pers. medd.). Samma metod har även använts för bekämpning av vass där man inte ville att preparatet skulle komma i kontakt med vattnet.

2.8 Handhackning

Handhackning är en mekanisk ogräsbekämpningsmetod som till exempel utförs med en bethacka. Hackning för hand har gjorts av människan sedan urminnes tider; långt innan de kemiska metoderna för ogräsbekämpning uppfanns. Om metoden utförs på ett felaktigt sätt kan den leda till arbetsskador. Manuell bekämpning blir relativt dyr att utföra då metoden har låg kapacitet, däremot är utrustningen billig i inköp och drift. Om metoden utförs noggrant (med avlägsnande av rötter och dylikt) är långtidseffekterna påtagliga.

2.9 Vädrets inverkan på bekämpningsresultatet

Fuktighet och temperatur i luft och mark har stor betydelse anser Andersson & Magnusson (1995). Torrt väder är till fördel med avseende på ogräsbekämpning eftersom det ökar avdunstningen i plantan. Samtidigt är fuktig väderlek en fördel eftersom redskapens slitage blir mindre då friktionen minskar. Dessutom krävs det mindre kraft (hos maskinen som drar runt borsten t ex) för att slita av ogräset.

2.10 Miljöpåverkan

”Miljöproblemen har varierat under historisk tid. Linnés beskrivning av effekterna från svavelröken kring Falu gruva och latrinhanteringen på Stockholms gator under 1800-talet är exempel på hur problemen varierat” (*Miljöeffekter*, 1994). I våra dagar har både kunskaperna och insikterna om olika miljöstörande verksamheter och dess effekter ökat. Kunskapen har nått dithän att vi idag inte bara kan motverka de negativa effekterna av en miljöfarlig verksamhet utan också åtgärda problemen vid källan eller förutse miljöpåverkande förändringar.

I stort sett all antropogen verksamhet är förenlig med miljöproblem. Detta innebär att alla handlingsalternativ bör gå i riktning mot att minimera (eller eliminera) människans påverkan samt att framhäva hushållning snarare än bevarande. Lokala problem kan bli regionala eller till och med globala problem. Redan idag står mänskligheten på en nivå som gjort att vi faktiskt har globala miljöproblem. Växthuseffekten är bara ett exempel på ett sådant globalt

problem. Miljöskyddsarbetet går idag mer och mer mot att angripa problemet vid källan i stället för att lindra symptomen då problemet redan uppstått.

Numera strävar man efter att använda ämnen som är nedbrytbara i naturen i stället för att tillverka nya syntetiska föreningar som i princip aldrig kan brytas ned i naturen. Stora insatser görs för att minska användandet av miljöfarliga ämnen; t ex genom att öka verkningsgraden i olika processer och genom att optimera tekniska lösningar.

Dessa åtgärder är dock inte tillräckliga för att skapa en hållbar samhällsutveckling. Man måste använda mer förfinade beslutsverktyg för att skapa en helhetssyn och därigenom skapa förändring i riktning mot en mer hållbar samhällsutveckling.

2.10.1 Beräkning av miljökonsekvens

Enligt Brandel (1995) finns det idag ingen accepterad eller vedertagen metod för att göra vägningar mellan olika miljökonsekvenser eller miljöhot i konkreta beslutssituationer i Sverige. Det finns heller ingen metod som kan värdera olika ingrepp i mark och vatten som innefattar frågan om biologisk mångfald. Samtidigt är behovet av ett sådant underlag stort för att uppnå en hållbar samhällsutveckling. Brandel (1995) menar att utgångspunkten är att en förändrad miljösituation ställer allt högre krav på underlag som kan ge beslutsfattarna ledning vid olika avvägningar i beslutssituationer. Det ställer krav på allsidighet i beslutsunderlaget och krav på att lyfta fram och tydliggöra konflikter mellan olika miljöhot. Enbart ekonomiska analyser kan inte ge ett uttömmande svar på för- och nackdelar i planerings- eller beslutssituationer.

Brandel (1995) poängterar i detta sammanhang tre viktiga krav. Det första är att underlaget skall möjliggöra en allsidig bedömning av olika ingrepp och effekter i miljön samt ge ledning för avvägningar och beslut. Det andra är att processen skall tillgodose krav på insyn, inflytande och medverkan från medborgarnas sida. Slutligen skall beslutsprocessen kunna överblickas redan från början och inte vara onödigt utdragen i tiden. Däremot kan händelser under processen påverka tidsplanen. För att beslutsprocessen skall vara effektiv är det ett önskemål att kraven på beslutsunderlaget är anpassad efter beslutsfattarens behov. Erfarenheter visar dock att krav på beslutsunderlagens detaljeringsgrad leder till höga samhällskostnader.

2.10.2 Kvantitativa och kvalitativa konsekvenser

Brandel (1995) skiljer på kvantitativa och kvalitativa miljökonsekvenser. Med kvantitativa konsekvenser avses sådana konsekvenser eller effekter som fysiskt kan mätas; kvantifieras. Det kan t ex gälla uppskattningar i ton, kg eller ppm av olika ämnen som emitteras till luft, mark eller vatten. Med kvalitativa konsekvenser avses bedömningar av exempelvis ingrepp i mark och vatten som åtminstone ännu, svårligen låter sig bedömas kvantitativt.

Det är önskvärt att finna en metod som kan väga samman och avväga olika kvantitativa och kvalitativa effekter av en viss aktivitet. I dag finns det ingen enkel metod som kan göra avvägningar mellan t ex biologisk mångfald och koldioxidutsläpp.

En av anledningarna till att det inte finns någon metod är att Sverige ännu inte har utpekat vilka miljöproblem man anser allvarligast. Man har heller inte beslutat vilka problem man skall satsa på att lösa (Brandel, 1995).

2.10.3 Metoder för bedömning av miljökonsekvens

Det finns olika metoder som används för utredning av miljökonsekvenser. De viktigaste att nämna i detta sammanhang torde vara Miljökonsekvensbeskrivning (MKB) respektive Livscykelanalys (LCA). Det finns även andra metoder, t ex Gröna räkenskaper och EPS-systemet. Cost-benefit-analys och Energianalys kan användas som hjälpmedel vid t ex Miljökonsekvensbeskrivning.

Miljökonsekvensbeskrivning är ett verktyg som använts länge för att på ett systematiskt och strukturerat sätt redovisa, sammanväga och beskriva konsekvenserna av olika aktiviteter som påverkar luft, mark, vatten, människors hälsa etc. MKB behandlas vidare i avsnitt 2.11.

Livscykelanalys, även känd som "från-vaggan-till-graven-analys", kan definieras som en systematisk inventering och analys av en produkts miljöeffekt, med start från råvaruuttag via produktion och produkt till avfallshantering (Mattsson, 1996). Metoden möjliggör mer ansvarsfullt beslutstagande genom att visa fullständig information om miljökonsekvenser av olika alternativ. Ofta visar LCA också vilka förbättringar som *kan* göras och *var* de kan göras.

EPS-systemet (Environmental Priority Strategies in product design) enligt Steen & Ryding (1992) är en metod som bygger på att beskriva miljöpåverkan i form av värdeförändring för en eller flera skyddsvärda områden. Dessa innefattas av människors hälsa, biodiversitet, produktion, resurser och estetiska värden. Värdeförändringen beräknas med utgångspunkt från betalningsvilligheten för att återställa det påverkade området till sin normala status.

Gröna räkenskaper är ett samlingsbegrepp för olika metoder att redovisa miljösituationen i ett avgränsat område, t ex en kommun. Metoden syftar till att kontinuerligt kvantitativt beskriva områdets miljöstatus. Avsikten är att kunna göra jämförelser över tiden, att formulera miljömål samt att följa upp resultatet.

Cost-benefit-analys (CBA) utvecklades för att få fram ett hanterbart instrument för att värdera tänkbara konkreta investeringsprojekt inom den offentliga sektorn och därmed inte enbart miljöproblem. Avsikten var att värdet för samhället som helhet kunde beräknas.

Energianalys ingår oftast vid kvantifiering av miljökonsekvenser. Analyser av energiflöden inom jordbruket har utförts sedan 1970-talet och fick sin start i samband med den sk oljekrisen. Genom att kvantifiera den mängd energi som krävdes för olika typer av odling kunde man få ett mått på hur energieffektiv livsmedelsproduktionen var. Utifrån en sådan kvantifiering av energiåtgång och med kännedom om vilket bränsle som används kan man omsätta detta till specifikt utsläpp (uttryckt t ex i kilogram) av till exempel koldioxid (Börjesson, 1996). Under senare år har intresset ökat för att utnyttja jordbruksmark till energiproduktion genom odling av energigrödor (Börjesson, 1994) och även i dessa fall är det intressant att analysera och kvantifiera de aktuella energiflödena.

2.11 Vad är MKB?

En miljökonsekvensbeskrivning är ett dokument som fungerar som en redovisning av alla tänkbara, förutsägbara effekter av en verksamhet; "korten på bordet". Många planerade projekt har kunnat avslås på rationella grunder samtidigt som man även kunnat godkänna kontroversiella projekt (kanske som en följd av skadeförebyggande åtgärder) som en direkt följd av väl genomförda miljökonsekvensbeskrivningar.

Det finns inte någon enhetligt svensk definition av, eller ett absolut innehåll i begreppet miljökonsekvensbeskrivning menar Hilding-Rydevik (1990). Detta gäller även de övriga

liknande benämningarna såsom miljöeffektbeskrivning, miljökonsekvensanalys och miljökonsekvensbedömning. Begreppen används oftast odefinierat i betydelsen att man på något sätt skall ta reda på konsekvenserna på miljön av människans verksamheter. Inte heller internationellt finns någon enhetlig definition av begreppet environmental impact assessment (EIA).

Oberoende av vad processen kallas, menar Hilding-Rydevik (1990) att MKB brukar stå för två saker:

1. att det finns en procedur (mer eller mindre formaliserad) som anger vilka aktiviteter som skall ingå i MKB och i vilken ordning de skall infalla (t ex när allmänheten skall delta och hur dokumentet skall cirkuleras och granskas).
2. att miljökonsekvenserna dokumenteras (mer eller mindre formaliserat efter behov).

MKB kan således vara en analys av enbart ekologiska konsekvenser men även inkludera estetiska, sociala och ekonomiska konsekvenser. Utgångspunkten är dock att MKB som minimum innehåller en analys av konsekvenserna på naturmiljön. Det finns också en samstämmighet kring att analysen av konsekvenserna skall gälla olika alternativ - t ex konsekvenserna om den föreslagna aktiviteten genomförs och konsekvenserna av att den inte genomförs; det så kallade nollalternativet.

En miljökonsekvensbeskrivning utförs för att förutse konsekvenser, för att åstadkomma bättre mark- och vattenanvändning, för att förhindra miljöförstöring men även för att engagera allmänheten i planeringsprocessen. Att utföra en MKB är lämplig för projekt i känsliga områden, på jordbruksmark, i tätbefolkade områden eller för projekt som för med sig tillväxt eller tillbakagång (Roberts, 1991).

En MKB skall vara ett dokument som skall utgöra ett beslutsunderlag, oftast tillsammans med andra beslutsunderlag. Det är viktigt att en MKB får en rimlig omfattning med rätt avgränsningar och fokusering på relevanta frågor.

2.11.1 Vad säger lagen?

Enligt svensk lagstiftning skall beslut om verksamheter som var för sig eller som sammantagna med andra verksamheter har betydelse för miljön, hälsan och hushållningen med naturresurser grundas på en genomlysning av de aktuella verksamheternas samlade konsekvenser för miljön, hälsan och hushållningen med naturresurserna. Förutsättningarna för att genomföra en sådan samlad bedömning stärktes när naturresurslagen trädde i kraft 1987. Naturresurslagen kompletterades 1991 med bestämmelser om miljökonsekvensbeskrivning (MKB), enligt *MKB i miljöskydds- och naturvårdslagen*, (1995). 5 kap. 3§ i naturresurslagen lyder som följer: "Miljö-konsekvensbeskrivningen skall möjliggöra en samlad bedömning av en planerad anläggnings-, verksamhets- eller åtgärds inverkan på miljön, hälsan och hushållningen med naturresurserna". EG (numera EU) antog 1985 ett "Environmental Impact Assessment Directive" för sina medlemsländer.

Det åligger exploatören att bekosta utarbetandet av en MKB. Beslutsmyndigheten prövar därefter om MKB:n kan utgöra tillräckligt beslutsunderlag. Enligt Brandel (1995) finns det en betydande frihet för den som utformar ett beslutsunderlag i form av en MKB eftersom det enda som regleras är att vissa övergripande syften skall vara uppnådda. Det är därför sökanden som får stå för risken att MKB:n är för dåligt underbyggd för att duga som underlag i en beslutsprocess. Mot denna bakgrund menar han att det finns anledning att pröva möjligheterna att standardisera MKB-processen för olika ärendekategorier.

2.11.2 Hur och när MKB?

Arbetet med en MKB skall startas i planeringsskedet av den nya verksamheten. På så vis kan man fortlöpande och i logisk ordning ta itu med alla frågor som uppstår. "Ändå skall inte arbetet med en MKB vara en linjär process, utan ett iterativt⁵ letande efter möjliga konsekvenser" (Ehn, pers. medd.).

En MKB skall utföras innan beslut om en planerad verksamhet fattas. Ingen tjänar på en process som startar när t ex ett industriområde *är* byggt eller när planen redan upprättats. En MKB bör enligt Roberts (1991) innehålla kapitel omfattande sammanfattning, inledning, projektbeskrivning, projekterativ, miljöförutsättningar, betydelsefulla och/eller väsentliga miljöeffekter och skadeförebyggande åtgärder, projektets oundvikliga effekter (kontroll om användningen av miljön, lokalt och på kort sikt, undanröjer / minskar möjligheterna att bibehålla / öka miljöns produktivitet på lång sikt), projektets irreversibla effekter, projektets tillväxtbefrämjande effekter, förslaget kontrollprogram, uppgifter om organisationer och personer som konsulterats under arbetet samt även uppgifter om referenslitteratur, arbetsgrupp, förstudie och övriga tekniska bilagor. Dessutom kan i den slutliga versionen alla inkomna synpunkter från allmänhet och övriga med bemyndigande av deras synpunkter behandlas.

2.11.3 MKB som beslutsunderlag

MKB kan användas både som ett sätt att skydda miljön från olika skador eller som en beskrivning av ett projekts för- eller nackdelar. Ett annat av MKBns syfte är att ligga till grund för planering och beslut. Vilka beslut som sedan fattas är kanske en politisk fråga. Att fatta riktiga beslut blir svårare ju fler faktorer som påverkas direkt eller indirekt av beslutets följder. För en beslutsfattare borde det kännas bättre att ha fakta eller ett konkret dokument (som ju en MKB är) att luta sig mot. Att ha gjort noggranna överväganden och kanske haft en öppen diskussion ger bättre underlag för ett beslut än vad t ex ett resonemang som enbart bygger på ekonomiska konsekvenser gör.

Detta arbete utgör inte en komplett MKB utan begränsas till att omfatta en energianalys samt kvantifiering av koldioxidemissionerna från respektive metod. Energianalys av olika metoder för ogräsbekämpning kan ge vägledning i olika beslutssituationer. I val mellan olika alternativ måste man naturligtvis ta hänsyn till andra faktorer än enbart resultat av en energianalys. Till exempel kan man väga in andra miljöeffekter, kostnader, tillgänglighet, flexibilitet, utnyttjandegrad, tidsgränser, hanterbarhet mm, förutom kriterierna för önskad skötselstandard; men otvivelaktigt tillför en energianalys viktig information till beslutsunderlaget.

2.12 Vad är energianalys?

Energianalys enligt processmetoden beräknar den tillgängliga energin, dvs processenergin, vanligen baserad på värmevärden i bränsleinsatserna till den studerade processen (Lagerberg, 1996). Både direkta bränsleinsatser i själva huvudprocessen och indirekta insatser, som kan relateras till produktion av t ex materialinsatser och i nästa steg bakåt även tillverkning av maskiner och material till maskinerna och så vidare beräknas. Ibland räknas även transportinsatser i de olika leden med.

⁵ Med ett iterativt sökande menas ett upprepat sökande.

Metodiken som används för en energianalys är inte helt entydig. Många ställningstaganden som saknar regler att luta sig mot måste göras (Lagerberg, 1996). Detta kan t ex röra hur energibehov skall fördelas inom ett system ifrån vilket flera produkter härstammar. Således är det viktigt att definiera systemets gränser väl.

Även mänskligt arbete kan tilldelas ett energivärde. Beroende på hur man räknar kan arbetsinsatsernas energivärde variera enligt Fluck (1992). Majoriteten av agrikulturella energianalyser utesluter mänskligt arbete eller anses i processanalysen normalt vara försumbara i förhållande till insatserna av bränsle i systemet (Lagerberg, 1996). Många energianalyser utesluter mänskligt arbete som energiinsats, pga att ställningstaganden och beräkningar blir alltför svåra. Möjligen förs det in i form av arbetstid som ger möjligheter att göra jämförelser mellan system (Lagerberg, 1996).

I val mellan olika alternativa ogräsbekämpningsmetoder såväl som produktionsfaktorer och produktionssystem måste man ta hänsyn till andra faktorer än enbart resultatet av en energianalys. Faktorer såsom önskad skötselstandard, kostnader, tillgänglighet, flexibilitet, utnyttjandegrad, tidsgränser och hanterbarhet få större betydelse för den totala bedömningen än vad man först trodde. Energianalysen besvarar inte frågan om vilken metod för ogräsbekämpning som är mest miljövänlig men den tillför otvivelaktigt viktig information som kan ligga till grund för olika beslut.

2.13 Energihantering

Både ur energiresurs- och miljösynpunkt är det angeläget att nå en effektiv energianvändning. Allt som sker är förknippat med energiomvandlingar. Ett viktigt styrmedel för energisparåtgärder är energipriset. Fram till den så kallade energikrisen på 70-talet var tillgången på billig energi i stort sett obegränsad. Kommunernas Agenda 21-arbete syftar idag till att skapa förutsättningar för ett uthålligt samhälle. Recirkulering och effektivt utnyttjande av naturresurserna har blivit honnörsord (Lagerberg, 1996). Globalt sett är användning av fossila bränslen dominerande.

För att underlätta en analys av de olika energislagens miljökonsekvenser är det praktiskt att dela in energihanteringen i fyra led enligt *Miljöeffekter* (1994):

- Det första ledet är *utvinning* av energi som innebär t ex brytning av kol i en gruva och torv ur en mosse eller också uttag av energi ur ett flöde t ex utvinning av energi ur en älv eller vinden.
- Det andra ledet består av en *omvandling* av energin så att den erhålls i den form som kan utnyttjas, t ex frigörande av kemiskt bunden energi till värme i en förbränningsugn.
- Det tredje ledet är den slutliga *användningen* av energin t ex för transport av varor med ett tåg eller uppvärmning av bostäder.
- Det fjärde och sista ledet är *resthanteringen* dvs hanteringen av restprodukter t ex kolaska från energiomvandlingen i en koleldad förbränningsugn eller svavelhaltigt slam från en rökgasavsvavlingsanläggning.

Energislagen delas oftast in i förnyelsebara respektive icke förnyelsebara. Till de förnyelsebara räknas skogsbränsle, åkerbränsle som halm, energiskog och andra energigrödor, organiskt avfall, vattenkraft, vindkraft, solenergi och naturvärme. Till de icke förnyelsebara räknas olja, kol, naturgas, torv och kärnkraft. Att ett energislag inte är förnyelsebart innebär att det är en ändlig resurs.

2.13.1 Miljöproblem med energihantering

Eftersom de flesta energislagen är bränslen krävs förbränning för att utvinna energin ur dem. Det är vid denna förbränning som de flesta problemen uppstår; det bildas gasformiga ämnen, emissioner och oftast också en fast återstod. Vilka emissioner som bildas beror t ex på vilket ämne som förbränns, förbränningstemperatur, tillgång på syre och förbränningshastighet. Flera emissioner kan reduceras eller elimineras med hjälp av olika moderna reningstekniker. Även de fasta partiklarna som består av aska (obrännbara beståndsdelar) och sot (oförbränt kol) kan filtreras bort så att t ex en anläggnings emissioner till omgivningen kan begränsas. De fasta partiklarna innehåller bland annat metalloxider och metallsilikater. Främst tungmetaller kan påverka nedbrytarnas⁶ förmåga att mineralisera fosfor och kväve. Detta kan i sin tur leda till minskad tillväxt hos de växter som finns i den direkta omgivningen.

Beroende på partikelstorlek har det stoft som bildas vid förbränning olika uppehållstid i atmosfären. Detta påverkar spridningen då stora partiklar faller ned nära utsläppskällan medan mindre partiklar kan transporteras mycket långt i atmosfären innan de faller ned. Utsläpp av partiklar kan få effekter på klimatet, t ex beroende på att partiklarna skymmer solens strålar. Partiklarna är också bärare av olika toxiska substanser. Rökgaserna innehåller vanligen (*Miljöeffekter*, 1994) koldioxid, kolmonoxid, kolväteföreningar, vatten, kväve, kväveoxid, dikväveoxid, kvävedioxid, svavelföreningar, kvicksilver och klorföreningar men är givetvis beroende av vad som förbränns. Nettoemission av koldioxid bidrar till den skadliga så kallade växthuseffekten.

Svavelemissionerna består främst av svaveldioxid. Svavlet försurar mark och vattendrag då det faller ned tillsammans med regnvattnet. På senare år har bl a olika politiska styrmedel styrt utvecklingen mot användande av lågsvavliga oljor. Möjligheterna till avsvavling av bränslet före eller efter förbränningen är också relativt bra utvecklade.

Emissionerna av kväve består främst av de olika oxiderna, allmänt kallade NO_x. Kvävet kommer framförallt från luftens kväveinnehåll men till viss del även från bränslet som innehåller bundet kväve. Mängden NO_x som bildas är beroende av parametrar såsom flamttemperatur och tillgång på luft.

Även tungmetaller kan frigöras vid förbränning; kvicksilver anses vara det allvarligaste problemet vad gäller metallemissioner, bl a på grund av dess ackumulerbarhet i näringsvävarna (-kedjan). Vid förbränning vid luftunderskott bildas dessutom skadliga kolväten, t ex polyaromatiska kolväten (PAH) vilka visats ha cancerogen effekt.

2.14 Ystad och Lund

Lund är en modern stad med universitet, högskola och många industrier. Innerstaden präglas av gammal bebyggelse med gatsten på trottoarer och vägar i området kring Lundagård, övriga delar av Lund präglas i större utsträckning av asfalterade gator och trottoarer, i synnerhet i industriområdena där en del av försöksytorna är lokaliserade.

Vad gäller det lokala miljöarbetet har man kommit en bra bit på vägen i Lund; bland annat så har Lunds kommunstyrelse antagit följande fyra systemvillkor (Karin Loodberg, pers. medd.):

- Uttaget av ändliga resurser måste minimeras.
- Utsläppen av svårnedbrytbara ämnen skall upphöra.

⁶ Med nedbrytare avses här de marklevande mikroorganismerna.

- De fysiska förutsättningarna för naturens kretslopp måste bevaras.
- Uttaget av förnyelsebara resurser får inte vara större än nybildningen.

Ystad beskrivs gärna för turisten som *Medeltidsstaden Ystad*. Även här präglas stora delar av innerstaden av gammal bebyggelse med låga hus och smala gator. De hårdgjorda ytorna präglas ofta av både kullersten och gatsten. Även i Ystad återfinns asfalterade industri- och bostadsområden (med avseende på gator och trottoarer).

Ystads kommun har 1996 beslutat att de fyra begreppen *närhet, kultur, miljö och kvalitet* skall bilda den plattform för livskvalitet som Ystads utveckling skall grundas på inför 2000-talet (*Underlag till Lokal Agenda 21 för Ystads kommun*, 1996). De fyra begreppen skall även genomsyra arbetet med en Lokal Agenda 21. Då det gäller miljö är innebörden att de miljökvaliteter som Ystad har skall värnas om och förädlas. Banden mellan stad och land skall förstärkas och Ystad skall verka för en varaktigt hållbar samhällsutveckling.

Vad gäller båda kommunerna så är det viktigt att även ogräsbekämpningen sker varaktigt och hållbart i samhällsutvecklingen. Ogräsbekämpningen skall ses som en del av naturens eget kretslopp.

3 MATERIAL OCH METOD

3.1 Försöksuppläggning

I de praktiska försöken användes olika metoder av ogräsbekämpning på hårdgjorda ytor samt olika kombinationer av metoder (tabell 2). Samtliga metoder används i kommersiell drift i Sverige i dag.

Tabell 2. Metoder för ogräsbekämpning i försöken

metod	antal försöks- ytor, Lund	antal försöks- ytor, Ystad
plattstålsborstning lastbil		2
plattstålsborstning lastbil + sopning lastbil		1
plattstålsborstning lastbil + flamning		1
plattstålsborstning lastbil + handhackning		2
stålwireborstning minitraktor	2	2
stålwireborstning minitraktor + ättika	2	
stålwireborstning minitraktor + glyfosat sprutning	2	
stålwireborstning minitraktor + sopning	2	
minitraktor		
stålwireborstning minitraktor + flamning	2	3
glyfosat, avstrykning	2	
glyfosat, sprutning	4	
glyfosat + sopning lastbil	3	
flamning		1
ättika	2	
handhackning (manuell bekämpning)		2

Totalt studerades 7 metoder som användes ensamma eller kombinerades till totalt 15 olika strategier enligt tabell 2. Strategierna testades på olika observationsytor som lades ut i Lunds och i Ystad kommun i maj 1996. Varje strategi testades på två observationsytor i varje kommun med undantag för att utrustningen varierade i de olika kommunerna samt att kemisk bekämpning inte tilläts i Ystad där handhackning studerades istället. På grund av olika lokala problem fick vissa ytor uteslutas medan man i andra fall fick utöka antalet ytor. Ytorna valdes med avseende på vilken metod som skulle användas, vilket innebär att de varierade i storlek (ungefär mellan 10 och 100 löpmeter), utseende (trottoarer, refuger, torg etc.), läge och typ av hårdgjord yta (plattor, unisten, asfalt, kullersten etc.), dock uteslöts ytor av typen grus-, sand- eller stenlagda gångar. Ytornas ogrässtatus noterades inte särskilt vid detta tillfälle eftersom det helt enkelt inte växte något då. Hur ytorna behandlats tidigare år var heller inte känt. Ytornas närmare beskaffenhet beskrivs i bilaga 1.

Besiktning av varje yta gjordes ungefär var tredje vecka under hela säsongen (maj - november). Bekämpningsbehovet bedömdes genom okulär besiktning där hänsyn togs till använd bekämpningsmetod, medelhöjd på ogräs, ogräseffekt (dvs kvarvarande ogräseffekt, nulägesbeskrivning) i procent, framkomlighet, estetiska aspekter samt tekniska aspekter med avseende på ytans hållbarhet. Hänsyn togs även till vilken bekämpningsmetod som skulle användas, till exempel antogs att glyfosatbehandling klarade större ogräs än sopning. De olika parametrarna sammanvägdes till en totaluppfattning av ytan som avgjorde när nästa behandling skulle utföras. Detta innebar att tidpunkten anpassades till när den utförande enheten normalt skulle behandla ytan. Besiktningarna utfördes i samarbete med en

representant från utförande enhet och utfördes av kommunerna eller av dem utsedd utförare. Första bekämpningen med varje metod i varje kommun assisterades av en representant från SLU som var väl förtrogen med metoden. De därpå följande bekämpningarna utfördes av kommunerna själva. Datum för utförda bekämpningar återfinns i bilaga 2.

3.2 Flamning

I Ystad användes ett litet handburet flammingsaggregat som transporterades på en liten vagn. I Lund däremot användes, i vissa fall där stora ytor krävde det, en minitraktor som bar aggregatet medan själva flamningen utfördes med ett handredskap. Detta innebar att metoden krävde två personer; en för att flamma och en för att köra traktorn. Flamningens kapacitet uppmättes ej i något av fallen.

Flamning användes som ett komplement till mekanisk bekämpning med stålwireborste i Lund. I Ystad användes flamning som enda metod och som komplement till mekanisk bekämpning med ogräsbörste.

3.3 Borstning

Två olika sorters borstar användes i försöket, en stålwireborste från Broddway AB och en plattstålsborste från Stave Maskin AB.

Borstning med borste av stålwiretyp användes både i Lund och i Ystad. Metoden med enbart borstning provades liksom metoden med borstning för renovering av ytan åtföljd av annan metod för underhållsbekämpning. I Lund användes en minitraktor av typen Holder P70 med en GMR ogräsbörste (Broddway). Samma maskin användes även i Ystad och då köptes denna tjänst från Lund. I Ystad användes även borste av plattstålstyp men då monterad på en stor maskin med upptagare.

3.4 Sopning

Vid sopning användes i Lund en minitraktor av typ Holder P70 med frontmonterad sop utan upptagare. I Ystad användes samma typ av sop men monterad på en Schörling sopmaskin med upptagare som i sin tur monterats på ett Scania lastbilschassi.

I Ystad användes sopning som komplement till ogräsborstning. Ett försöksled fick utgå på grund av att underlaget inte lämpade sig för metoden eftersom smågaststenar sögs in i maskinen. Minitraktorn utan upptagare hade varit lämpligare i detta fall.

I Lund användes sopning som komplement till ogräsborstning. Dessutom användes metoden efter kemisk bekämpning med glyfosat.

3.5 Ättika

Ogräsbekämpning med sprutning av ättika utfördes endast i Lund. I Ystad användes inte ättika eftersom man där har förbud mot kemisk ogräsbekämpning och dispens inte kunde utfärdas.

Ättika användes som ett komplement till mekanisk bekämpning med stålwireborste i Lund. Ättika användes också som ensam bekämpningsmetod.

12 % ättika sprutades ut med hjälp av en 20 liters Hardi RY-2 KNAPSACK ryggspruta med manometer. Dosen var 0,2 l/m².

3.6 Glyfosat

I försöket användes Roundup Garden (120 g glyfosat/l), ett klass 3-preparat (se bilaga 4). Medlet både sprutades och ströks ut. Vid avstrykning användes outspädd Roundup Garden. Avstrykaren var en Hardi Mini Weed Wiper. Vid sprutningen användes Roundup Garden som späddes till 15 l/ha enligt rekommendation (Hansson, pers meddelande), vilket motsvarar 1,5 ml/m². Vid sprutningen användes samma ryggspruta som till ättikan.

Glyfosat användes även i kombination med stålwireborstning; i det fallet fungerade glyfosatet som underhållsbekämpning. Glyfosat användes slutligen också i kombination med sopning, i det fallet fungerade glyfosatet som renoveringsmetod.

3.7 Handhackning

Manuell bekämpning med handhacka utfördes endast i Ystad. Handhackning användes dels som enda metod och dels i kombination med ogräsborstning (plattstålsborste).

3.8 Energianalys

Energianalys utfördes enligt processmetoden (Lagerberg, 1996) för de olika ogräsbekämpningsmetoderna. För de olika metoderna har förutom energiåtgången vid bekämpningen (t ex dieselförbrukning), även en mer omfattande analys av mängden energi som åtgått för att tillverka en specifik maskin utförts. Denna energi delades med den beräknade livslängden (år) och antalet arbetstimmar för maskinen. Energivärdena har dels tagits ur olika tabeller (t ex Pimentel, 1980; Fluck, 1992) dels har de beräknats med hjälp av tillverkaren. Olika schablonmässiga beräkningar har också fått användas. Energiinsats i form av föda som åtgår vid manuellt arbete inkluderas inte i analysen. Samtliga beräkningar återfinns i bilaga 3.

3.8.1 Dataunderlag för energianalys

Som underlag för energianalysen användes vissa nyckeltal (tabell 3).

Samtliga metoder kräver assistans av utförare vilket innebär energiåtgång i form av föda. Det som i så fall skulle kunna få betydelse är tidsfaktorn som t ex är betydligt större för den manuella handhackningen än för maskinell ogräsbekämpning. Intagen föda kan dock som energikälla betraktas som förnyelsebar eftersom födan i stort sett består av jordbruksprodukter (cerealier) eller kött (animalier). Detta innebär i sig inget nettotillskott av koldioxid till atmosfären. Vid produktion och transport av animalier respektive cerealier förbrukas dock energi. Denna energiförbrukning ligger utanför detta systems gränser. Energiåtgång och koldioxidemission för mänskligt arbete är i samtliga fall satt till noll.

Energien som åtgår vid tillverkning av handhacka, flammingsaggregat och ryggspruta har försumrats i beräkningarna.

Uppgifterna om drivmedelsförbrukning, vikt, livslängd och årlig användning hämtades från respektive kommun. Arbetshastigheten uppskattades (Schroeder, pers. medd.). Doseringen av ättika hämtades ur Hansson et. al. (1994) medan glyfosatdosen rekommenderades av Hansson (pers. medd.). Kapaciteten för handhackning av stensatt yta uppmättes i Ystad.

Livslängden för sop och stålwireborste uppskattades (Carlsson, pers. medd.). Plattstålsborstens livslängd beräknades enligt följande: slitaget på plattstålsborsten var ungefär 1,5 centimeter på 4 timmar vilket motsvarar 0,375 cm/h. Stålen var från början 540 mm långa och när de

vikts och monterats på den sk tallriken återstod 230 - 270 cm (Henningsson, pers. medd.). Den uppmätta längden på vår borste var i genomsnitt 273 cm. Enligt tillverkaren (Henningsson, pers. medd.) kan borsten användas effektivt för ogräsbekämpning i 30 - 50 timmar. Vi bedömde att borsten kunde användas effektivt tills det återstod ungefär 7 - 8 centimeter (I. Svensson, pers. medd.) av stålet vilket skulle motsvara 50 timmar.

Tabell 3a. Nyckeltal för energianalys, fordon och utrustning

metod	dieselförbrukning (l/h)	tjänstevikt (kg)	totalvikt (kg)	arbets-hastighet (km/h)	livs-längd	årlig användning (h)
minitraktor	2,50	1470		2	12 år	800
lastbil	8,75	9500		4	13 år	1200
sop			190		150 h	
plattstålsborste			13		50 h	
stålwireborste			60		35 h	

Tabell 3b. Nyckeltal för energianalys, insatsmedel

metod	dos
ättika, sprutning (12%)	0,2000 (l/m ²)
glyfosat, sprutning (120 g/l)	0,0015 (l/m ²)
handflamning (gasol)	30 (kg/ha)

3.9 Beräkning av koldioxidemission

Vid beräkning av mängd emitterad koldioxid som härrör från de olika metoderna har utgångspunkten varit förbrukningen av fossila bränslen, dvs drivmedel (diesel) och energiåtgång vid tillverkning av redskap och fordon. Med utgångspunkt från detta och med kännedom om metodernas kapacitet och drivmedelsförbrukning kunde koldioxidemissionen beräknas, se vidare bilaga 4.

Koldioxidemissioner som härrör från förbrukad ättika har ej tagits med då ättikan antagits vara producerad från biomassa. Däremot inkluderas koldioxidemissioner som härrör från förbrukad gasol vid flamning, eftersom gasol är av fossilt ursprung och därmed medför nettoutsläpp av koldioxid.

4 RESULTAT

4.1 Försöksresultat

Fältförsöken består av ett antal mer eller mindre fristående observationsförsök och jämförelserna mellan antalet nödvändiga behandlingar är behäftade med en viss osäkerhet.

Det helt dominerande ogräset på försöksytorna var maskros (*Taraxacum ssp.*) och olika gräsarter (Fam. *Poaceae*).

Antalet realistiska behandlingar som krävdes för god effekt mot ogräs på hårdgjorda ytor uppskattades med utgångspunkt från ett medelvärde av det faktiska antalet försöksbehandlingar (tabell 4). Skattningen är gjord för att visa en sannare bild av verkligheten då försöksytorna hade olika ogrästryck eller inte alltid blev tillräckligt ogräsfria. Spridningen med min- och maxvärde visas för att ge en uppfattning av antalet faktiska behandlingar, fullständigt schema för samtliga utförda behandlingar visas i bilaga 2. Tabell 4 visar att metoden stålwireborstning minitraktor kompletterat med sopning minitraktor var behandlingsintensivast (åtta behandlingar per år) medan handhackning samt glyfosat krävde minsta antalet behandlingar (vardera två behandlingar). Antalet glyfosatbehandlingar var oberoende av om preparatet sprutades eller ströks ut.

Tabell 4. Antal behandlingar som krävdes för god effekt mot ogräs på hårdgjorda ytor

metod	antal		summa
	realistiska behandlingar	spridning ⁷	
handhackning	2	2	2
glyfosat ⁸	2	(1-3)	2
plattstålsborstning lastbil + handhackning	1 + 2	1 + (1-2)	3
stålwireborstning minitraktor + glyfosat ⁹	1 + 2	1 + 2	3
plattstålsborstning lastbil	4	(3-4)	4
stålwireborstning minitraktor	4	(3-5)	4
plattstålsborstning lastbil + handflamning	1 + 3	1 + 3	4
stålwireborstning minitraktor + ättika ⁹	1 + 4	1 + (3-4)	5
ättika ⁹	5	5	5
handflamning	5	5	5
stålwireborstning minitraktor + handflamning	1 + 4	1 + (3-5)	5
glyfosat + sopning minitraktor	1 + 5	1 + (2-8)	6
plattstålsborstning lastbil + sopning lastbil	1 + 5	1 + 5	6
stålwireborstning minitraktor + sopning minitraktor	1 + 7	1 + 7	8

Tabell 5 visar att handhackning gav lägst energiförbrukning eftersom mänskligt arbete är satt till noll i samtliga fall. Efter handhackning gav ogräsbekämpning med ättika lägst energiförbrukning och lägst mängd nettoemitterad koldioxid från fossila bränslen per utförd behandling. Sopning med lastbil gav lägre energiförbrukning än sopning med minitraktor, beroende på att arbetskapaciteten (hastigheten) var dubbelt så hög för lastbilen.

⁷ Spridningen anges med min- respektive maxvärde inom parentes för respektive underhållsmetod.

⁸ Manuell sprutning eller avstrykning.

⁹ Manuell sprutning.

Plattstålsborstning med lastbil ger högst energiförbrukning och även högst mängd nettoemitterad koldioxid. Mängden nettoemitterad koldioxid från fossila bränslen är beroende av energiåtgången med undantag för minitraktorbekämpning. Detaljerat beräkningsunderlag återfinns i bilaga 3.

Flamningens energiåtgång respektive koldioxidemission har beräknats med utgångspunkt från en dos på 30 kg/ha vilket kan sägas vara relevant för en riktigt utförd punktbekämpning vid ideala förhållanden (väderlek t ex). I praktiken används vid felaktigt utförande mycket högre doser, upp till 60 kg/ha (Ascard, pers. medd.) vilket skulle innebära att både energiåtgång och koldioxidemission skulle bli väsentligt högre. Flamningens energiåtgång har beräknats som handflamning. Även glyfosat- och ättiksbekämpningarna har beräknats som manuellt utfört, dvs det mänskliga arbetet har satts till noll.

Tabell 5. *Energiåtgång och koldioxidemission (nettoemission från fossila bränslen) för ogräsbekämpning per behandling*

metod	energiåtgång (kJ/m ²)	koldioxidemission (g CO ₂ /m ²)
handhackning	0	0
ättika (manuell sprutning)	49	4,1
glyfosat (manuell sprutning)	81	6,8
sopning - minitraktor	99	8,3
sopning - lastbil	116	9,7
handflamning	143	9,3
stålwireborstning - minitraktor	205	17,2
plattstålsborstning - lastbil	283	23,8

Tabell 6 sammanfattar total energiåtgång och total koldioxidemission för respektive bekämpningsmetod under en säsong genom att energiåtgång och koldioxidemission för en behandling multiplicerats med antalet realistiska behandlingar enligt tabell 4.

Tabell 6. *Total energiåtgång och total koldioxidemission per säsong för respektive behandling*

metod	energiåtgång (kJ/m ²)	koldioxid- emission (g CO ₂ /m ²)
handhackning	0	0
glyfosat (manuell sprutning)	162	14
ättika (manuell sprutning)	245	21
stålwireborstning minitraktor + glyfosat (manuell sprutning)	367	31
stålwireborstning minitraktor + ättika (manuell sprutning)	401	33
glyfosat (manuell sprutning) + sopning minitraktor	576	48
plattstålsborstning lastbil + handflamning	712	52
handflamning	715	47
stålwireborstning minitraktor + handflamning	777	54
stålwireborstning minitraktor	820	68
plattstålsborstning lastbil + sopning lastbil	863	73
stålwireborstning minitraktor + sopning minitraktor	898	75
plattstålsborstning lastbil	1132	96

Undantaget handhackning är den totala energiåtgången samt den totala koldioxidemissionen per säsong minst för glyfosat och högst för plattstålsborstning med lastbil.

Observera att varken en energianalys eller en beräkning av koldioxidemission ger något entydigt svar på vilken metod som är minst miljöbelastande. Snarare skall detta ses som två av flera parametrar som kan inkluderas i ett mera omfattande beslutsunderlag. Som ett exempel på detta kan nämnas att även om värdena för glyfosat ligger lågt så säger det ingenting om andra effekter som kan belasta miljön, t ex fara för bioackumulering, resistens, effekter på djurliv och så vidare.

4.2 Andra detaljresultat

4.2.1 Lund

På Odlarevägen / Åkervägens ena delyta, växte hallonliknande ogräs (*Rubus* ssp.) som var mycket livskraftiga och på den andra delytan växte mycket fräkenväxter (*Equisetum* ssp.). Båda är mycket vanliga ogräs men inte representativa för hårdgjorda ytor i urban miljö, dock har på senare tid åkerfräken blivit ett allt vanligare ogräs i sådana miljöer (Ascard, pers. medd.). Livskraften hos dessa ogräs medförde att den första renoveringsbekämpningen med glyfosat inte var tillräcklig utan fick upprepas. På ytan med hallonen krävdes ytterligare tre sopningar samt en borstning. Borstningen utfördes för att få bort hallonen som inte sopen rädde på. På ytan med fräken krävdes bara en underhållssopning under resten av säsongen.

På de ytor som enbart glyfosatbehandlades behövdes en till tre behandlingar. Variationen kan ha berott på att ytorna var bevuxna med olika ogräs. På Neversvägen där det växte mycket gråbo (*Artemisia vulgaris*) behövdes två till tre behandlingar. Gråbo är ett mycket vanligt ogräs men var inte representativt för samtliga ytor. På Bondevägen / Annedalsvägen som var en vanlig, lite skuggig trottoar med normalare ogrästryck, krävdes en till två behandlingar för att uppnå ett bra resultat.

Sopning är en metod som inte är så aggressiv men ändå förmår utföra sitt arbete om rätt intensitet på behandlingarna används. En yta som behandlades med underhållssopning var refuger vid en starkt trafikerad gata. Ytan behandlades i början av säsongen med glyfosat. Efter 25 dagar utfördes den första sopningen och efter ytterligare en månad utfördes nästa sopning. Då hade massor av ogräs lyckats överleva och det såg oacceptabelt ut. Den behovsanpassade behandlingen hade misslyckats; förmodligen på grund av att metodens effektivitet hade felbedömts. Vi provade då att öka sopsningsintensiteten och återkom ungefär varannan vecka istället under knappt två månader, vilket motsvarade totalt åtta sopningar per säsong. Resultatet blev mycket bra.

4.2.2. Kapacitet vid handhackning

Kapaciteten vid handhackning uppgick i Ystad till 12 m²/h. En arbetsdag motsvaras då av 72 m² om man drar bort 25 % av arbetsdagen för transporter, raster etc. (Schroeder, pers. medd.). Timkostnaden för en man som skall utföra handhackningen uppskattas till 180 kronor vilket inkluderar lön, sociala avgifter, semester och sjukfrånvaro men inte arbetsledning, handredskap eller transporter etc. (Schroeder, pers. medd.). Kostnaden för handhackning blir då 40 kr per kvadratmeter och säsong¹⁰.

¹⁰ 180 kr/h x 8 h = 1 440 kr/dag. En dag motsvarar handhackning av 72 m². 1 440 kr / 72 m² = 20 kr/m². Handhackning måste utföras två gånger per säsong, dvs säsongspriset blir 40 kr/m².

5 DISKUSSION

Arbetet med de olika bekämpningsmetoderna gav mycket kunskaper och insikter om metodernas för- och nackdelar. I maj månad var det svårt att uppskatta den kommande säsongens ogrästryck på respektive yta. I Lund hade ogräset då börjat växa något medan det i Ystad vid samma tidpunkt nästan inte fanns något ogräs alls, vilket sannolikt berodde på den kalla och sena våren. Hur snabbt ogräset uppträder på våren beror även på hur noga man sopat upp höstlöv samt sand och grus från vinterns snöröjning.

5.1 Energianalys

Enbart resultatet av en energianalys kan inte besvara frågan om vilken metod för ogräsbekämpning som är miljövänligast. Energianalysen av olika metoder för ogräsbekämpning som utförts i detta arbete kan tjäna som vägledning i olika beslutssituationer. I val mellan olika alternativ måste man naturligtvis ta hänsyn till andra faktorer än enbart sådana beräkningar. Med min beräkningsmetod är handhackning bäst ur energi- och emissionssynpunkt medan tidsåtgång, kostnad, risk för förslitningsskador och liknande utesluts. Man kan även väga in andra miljöeffekter, tillgänglighet, flexibilitet, utnyttjandegrad, hanterbarhet mm, förutom kriterierna för önskad skötselstandard; men otvivelaktigt tillför en energianalys eller en beräkning av emitterad mängd koldioxid viktig information till beslutsunderlaget.

Underlaget till energianalysen bygger på vissa antaganden och förhållanden som rådde vid de aktuella försökstillfällena. Vid en eventuell tillämpning av resultaten måste man därför noga väga in eventuella avvikelser från rådande förutsättningar eftersom det kan visa sig att det kan få stora konsekvenser för resultatet. Tabell 7 visar ett exempel på hur den totala energiåtgången och den totala koldioxidemissionen per säsong förändras om man utför sprutning av glyfosat med traktor i stället för (som i mina försök) att spruta ut preparatet manuellt.

Tabell 7. Räkneexempel visande energiåtgång och total koldioxidemission per säsong för sprutning av glyfosat manuellt respektive med traktor

metod	energiåtgång (kJ/m ²)	koldioxid- emission (g CO ₂ /m ²)
glyfosat (manuell sprutning)	162	14
glyfosat (traktorburen utrustning ¹¹)	410	34

Som man ser i exemplet ovan så påverkas både energiåtgången och koldioxidemissionen markant vid traktorburen glyfosatbekämpning jämfört med vid manuellt utförd dito. Både energiåtgången och koldioxidemissionen blir 2,5 ggr så stor. Beräkningen har gjorts genom att approximera energiåtgång respektive koldioxidemission för traktorburen glyfosatsprutning med den som räknats fram enligt tabell 5 för stålwireborstning med minitraktor. Även tabell 4 har använts i detta fall. Approximationen kan sägas vara rimlig om stålwireborstningen väger ungefär lika mycket som sprutningsaggregatet.

Eftersom spridningssättet (manuellt eller maskinburet) påverkar resultatet är det viktigt att ta hänsyn till detta om man vill tillämpa metoderna lokalt under andra rådande förutsättningar. Liknande beräkningar (eller approximationer) kan enkelt göras för varje lokalt rådande förutsättning till exempel med hjälp av värdena i tabell 4 och 5.

¹¹ Data för maskin samma som för stålwireborstning med minitraktor.

5.2 Flamning

Flamning kräver stor kunskap hos utföraren eftersom metoden kan kännas otillfredsställande att utföra på riktigt vis; allt ogräs står kvar till synes relativt oskadat. Utföraren vill självklart att det skall se rent och snyggt ut efter utfört arbete och inte att det skall ligga kvar en massa nedvissnat ogräs. Risker för att vilja bränna upp ogräset i stället för att bara förvälla det är alltså stor. När metoden utförs på ett felaktigt sätt får detta till följd att det tar längre tid och att det går åt mer gasol.

Problemet med att bränna ogräset istället för att flamma det uppstod i Lund under försökets gång vilket talar för att viss utbildning av personalen borde vara obligatorisk. Det är av största vikt att man förstår varför ogräsen bara skall förvällas och inte formligen eldas upp till förkolnade rester. Tillfredsställelsen för utföraren blir givetvis stor då allt ogräs försvunnit; mot en svart asfaltyta ser det bättre ut med förkolnade rester än med grönt ogräs. Metoden uppfattades av utföraren som att den "kändes meningslös, ogräset kommer ju tillbaka efter några dagar och då är det ojämnt arbete". Dessutom ansågs metoden av en utförare vara "brandfarlig och sämre än ättikan, fast bra på ytor där det finns lösa stenar".

I Ystad användes ett aggregat som kördes omkring på en liten vagn medan man i Lund, i vissa fall, använde sig av en minitraktor som bar aggregatet. Detta innebär i Lund att två personer krävdes för att utföra arbetet (en som körde traktorn och en som flammade) medan man i Ystad bara behövde en person för att utföra ett likvärdigt arbete. I Lund var de ytor som flammades generellt mycket större än i Ystad vilket innebär att det kanske skulle ha varit svårt och tungt att utföra flamningen med ett handdrivet aggregat i Lund. Å andra sidan kan det innebära kapacitetsmässiga och doseringsmässiga fördelar med en fordonsburen flamning.

I agrara tillämpningar är metoden enklare att använda då traktorn körs med en viss hastighet samtidigt som traktorföraren sitter längre ifrån ogräset än vad handaggregatsanvändaren gör. Detta innebär att man inte behöver göra samma optiska bedömningar huruvida det ser bra ut eller ej, utan bara behöver koncentrera sig på att hålla rätta hastighet och köra rakt i raden. För att komma tillrätta med problemet föreslår jag att man i början av säsongen tar hjälp av en person som övervakar behandlingen och noterar tidsåtgången för en riktigt utförd flamning. En lämplig dos, dvs framföringshastighet bör sedan kunna tas fram beroende på ogräsarter, ogräsets storlek, väder etc.

5.3 Borstning

Som renoveringsmetod fungerar stålwireborstning mycket bra, effekten är dessutom långvarig. I genomsnitt kunde man i Lund vänta i medeltal 30 dagar innan man behövde återkomma för nästa åtgärd medan man i Ystad behövde vänta i 39 dagar i genomsnitt.

Som renoveringsmetod fungerade även plattstålsborstning mycket bra, om än något sämre än stålwireborstningen med avseende på antal dagar efter renoveringsbehandling till nästa behandling. I genomsnitt kunde man i Ystad vänta i 32 dagar innan nästa behandling.

Borstning var ganska aggressiv mot underlaget som behandlas, i synnerhet plattstålsborsten. Detta kunde konstateras i Ystad, där borsten rev upp några smågatstenar i en stenbelagd gångbana. Eftersom maskinen var försedd med upptagare med hög sugförmåga sögs stenen in i denna. Detta kan även ha berott på att smågatstenen satt fast dåligt i underlaget och behöver inte härledas enbart till borstens aggressiva verkan på ytan. Inga andra ytor i detta försök är belagda med smågatsten. Däremot fungerade borstning bra på många ytor med vanlig gatsten.

Borstning med plattstålsborste i Ystad innebär även ett annat problem. Konsolen som håller borsten är inte justerbar inifrån förarplatsen, vilket innebär att om underlaget inte är jämnt och borsten behöver justeras, så måste föraren stanna lastbilen, hoppa ut och därefter justera borsten med en skiftnyckel. Konsolen som håller borsten sitter placerad ungefär mitt under lastbilen. Detta innebär sannolikt en ökad miljöbelastning eftersom motorn inte stängs av vid justeringen. Att konsolen är så inflexibel innebär sannolikt att borstens slitage ökar och därmed minskar borstens totala livslängd, eftersom den är beroende av faktorer såsom anliggningsstryck, underlagets jämnhet och dess fukthalt, vilket påverkar friktionen och därmed slitaget. Merarbetet innebär även att bekämpningen blir mer kostsam. Lastbilen som användes i Ystad är av årsmodell 1985. På nyare arbetsmaskiner sitter borsten på en arm som arbetar framför, till höger om förarhytten (frontmonterad) dessutom är denna justerbar från förarplatsen. Lunds kommun använder sådana maskiner vid stålwireborstning, dock inte i detta försök. En annan fördel med frontmonterad redskapsarm är att föraren har uppsikt över den under körningen.

Ett problem med stålwireborstning är att på ytor med fogar river den upp en stor andel av fogmaterialet. Ju djupare fogarna blir desto svårare är det för ogräsborsten att komma åt ogräset som bara viker sig undan i skydd av gatstenen. I en extrem situation påverkas ogräset då inte alls av borsten eftersom ogräsens tillväxtpunkter sitter helt skyddade. Det är näst intill omöjligt att tillföra nytt fogmaterial under en säsong då ogräsborstning används. Fogmaterialet skulle i sådana fall rivas upp igen eftersom det aldrig skulle hinna packas ordentligt.

När ogräsborstning utförs med en arbetsmaskin utan upptagare som kan ta hand om ogräset bildas stora mängder skräp (fogmaterial, grus, kolapapper etc. förutom ogräsresterna) som måste tas om hand i ett efterföljande arbetsmoment. För både minitraktor och sopbil finns upptagare som tar hand om detta på ett effektivt sätt.

På Mölletorget i Ystad gick det inte att köra på torget med den tunga lastbilen (>9,5 ton) eftersom plattorna sprack. Därför användes stålwireborstning med minitraktor, som inte väger lika mycket, på denna yta istället. Detta visar hur viktigt det är att välja en metod som är anpassad till underlaget.

I Lund hävdar personalen att stålwireborsten slits väldigt snabbt. I värsta fall förbrukas en borste (å 1.600 kr) på en och en halv dag. I bästa fall kan den klara slitaget under en veckas användning. Plattstålsborstens drifttid var lite längre, ungefär en och en halv vecka (53 h). Med en annan, mer flexibel (frontmonterad) arbetsarm är det troligt att livslängden kan öka ytterligare.

5.4 Sopning

Sopning är en metod som inte är så aggressiv men som ändå förmår utföra sitt arbete om rätt intensitet på behandlingarna används. I vissa fall kan sopning ha dålig effekt eftersom sopstråna inte kommer åt ogräsens skyddade tillväxtpunkt i djupa fogar. Även sopning kräver jämnt underlag för att ge bra resultat.

5.5 Ättika

Behandlingen upprepades fem gånger på varje yta. Tillfredsställande resultat uppnåddes, kanske som ett resultat av att man tidigare använt ättika för ogräsbekämpning i Lund och hade gode erfarenheter från detta.

På grund av väderleken utfördes inte alltid ättiksbekämpningen vid planerad dag, utan man fick invänta lämpligt tillfälle. Ättiksbekämpning är alltså väderberoende. Enligt rekommendation från Kemikalieinspektionen skall handskar och skyddsmask användas vid bekämpning med ättika. I Lund ansåg man sig klara sig utan denna skyddsutrustning genom att arbeta i medvind (Andersson, pers. medd.). Ättikslukten uppfattades inte som särskilt besvärande, inte ens vid varmt väder.

5.6 Glyfosat

Antalet glyfosatbehandlingar var oberoende av om glyfosatet sprutades ut eller om det ströks ut vilket talar för avstrykning som kan medföra minskad preparatåtgång.

Två ytor behandlades genom avstrykning, båda ytorna kan sägas vara mycket litet påverkade av yttre slitage. Ogräset på Byggmästargatan (Lund) var mycket lågväxande vilket innebär att ogräsen var svåra att komma åt med den ibland lite klumpiga avstrykaren. Den ojämna ytan försvårade också arbetet. Det borde gå att konstruera en avstrykare som fungerar bättre än den som användes i försöket. Om avstrykningstekniken skall kunna fungera tillfredsställande måste den således utvecklas ytterligare.

5.7 Handhackning

Eftersom hackningen tog bort ogräsen med rötterna behövdes endast två bekämpningar på hela säsongen. Ogräsbekämpning med handhackning är dock tidskrävande och dyrt; 40 kronor per kvadratmeter och säsong (enligt tidigare beräkning under punkt 4.2.2.). Kostnaden för handhackning kan t ex jämföras med kostnaden för handburen flamning som uppgår till ca 7.50 kr/m² vid 5 behandlingar per år (se punkt 2.3.1.) eller med kostnaden för enbart ättika som uppgår till 5.50 kr/m² vid 5 behandlingar per år (se punkt 2.6.1.). Självklart kan man inte göra en direkt jämförelse mellan kostnaderna för de olika metoderna eftersom bakgrunden till kostnadsuppgifterna i de två senare fallen inte är kända, men det är ändå intressant att studera storleksordningen av dessa. Skötselkostnad är en viktig parameter som skall vägas in i beslutsunderlag för ogräsbekämpning.

Enligt tidigare erfarenheter måste man noga måste välja personal som är motiverad och kompetent. Erfarenheterna från att använda skolungdom på somrarna till denna metod är i många fall negativa (Nyhlén, pers. medd.).

Handhackning gav mycket bra effekt på stensatta trottoarkanter och kullerstensbelagda ytor. Ett problem var att det i vissa fall var så trångt mellan stenarna att det var svårt att komma åt med hackan. "Man hade snarare behövt använda kniv" ansåg han som utförde arbetet.

5.8 Slutsatser och rekommendationer

Detta arbete har haft som övergripande målsättning att belysa hur olika strategier för ogräsbekämpning påverkar miljön. Detta har skett genom orienterande försök i praktisk drift, datainsamling och en energianalys. Energianalys av olika metoder för ogräsbekämpning eller beräkning av koldioxidemissioner till luft kan ge vägledning i olika beslutssituationer. I val mellan olika alternativ måste man naturligtvis ta hänsyn till andra faktorer än enbart sådana beräkningar. Med min beräkningsmetod är handhackning bäst ur energi- och emissionssynpunkt medan tidsåtgång, kostnad, risk för förslitningsskador och liknande utesluts. Man kan även väga in andra miljöeffekter, tillgänglighet, flexibilitet, utnyttjandegrad, hanterbarhet mm, förutom kriterierna för önskad skötselstandard; men

otvivelaktigt tillför en energianalys eller en beräkning av emitterad mängd koldioxid viktig information till beslutsunderlaget. Denna rapport kan inte besvara frågan om vilken metod för ogräsbekämpning som är miljövänligast. Vägen till att komma så nära som möjligt är lång och till vissa delar krokig via datainsamling och utveckling av metoder för analys och värdering av miljöpåverkan. Detta arbete utgör ett bidrag till den samlade kunskapsutvecklingen inom området.

Undersökningen visar att det är av yttersta vikt att välja en metod som är lämplig för den yta som skall ogräsbekämpas. Detta innebär t ex att man i förväg måste uppskatta den kommande säsongens ogrästryck och utifrån detta välja en tillräckligt effektiv metod. Det är emellertid svårt att bedöma kommande ogrästryck tidigt på våren (då planeringen förmodas ske) innan ogräset börjat växa ordentligt, i vissa fall kan tidigare års erfarenheter vara viktiga.

Nya metoder medför att ogräsbekämpningen måste anpassas efter behov i allt större utsträckning. De flesta utförare har dålig eller mycket liten erfarenhet av detta. Ogräset växer olika från år till år, beroende av en rad faktorer, bland annat klimatet. Hur noggrann man skall vara beslutar man själv men det är viktigt att bestämma sig för en viss skötselstandard. Antingen får man göra fortlöpande besiktningar under säsongen vilket kräver en extra arbetsinsats jämfört med traditionell ogräsbekämpning där man ofta sprutade efter schema, eller så bestämmer man sig för hur många bekämpningar som verkar rimliga för avsedd yta och schemalägger dessa. Under säsongen bör man vid varje bekämpning notera ytans status för att vid säsongens slut kunna följa upp resultatet. För nästkommande år kan man då justera antalet behandlingar. Antalet bekämpningsinsatser som respektive metod eller kombination av metoder gav i detta försök kan ses som vägledande för planering av ogräsbekämpning i urban miljö eller för fortsatt försöksverksamhet. Man bör justera sin egen ogräsbekämpning efter rådande ogrästryck och väderlek. Sommaren 1996 betraktar jag som en normal sommar.

Det finns mycket att vinna genom införande av behovsanpassad ogräsbekämpning, inte bara rent miljö- eller kostnadsmässigt. Man skulle kunna utforma ett system där varje utförare har ansvar för ett eget område. I en sådan situation kan man själv bestämma när det är dags att bekämpa, vilket torde vara enklare eftersom man har bra överblick över sitt område, än om en enda person åker runt i hela staden. Att ha ansvar för ett eget område kan ge uppfattas som utvecklande för arbetstagaren; det kan bli en bra sporre att ogräsbekämpa så bra och miljömedvetet som möjligt.

Vad gäller behovsanpassade insatser så vet man att detta fungerar för t ex gräsklippning eller snöröjning i offentliga miljöer. Man bör se på den behovsanpassade ogräsbekämpningen i ett långsiktigt perspektiv, torra somrar kräver få insatser medan regnigare somrar kräver fler insatser.

Bekämpning av ogräs måste i framtiden bygga på kombinationer av olika metoder (kemiska, mekaniska, termiska) för att uppnå tillfredsställande resultat. Vidare måste ogräsbekämpningen bygga på samverkan mellan förebyggande åtgärder och direkta bekämpningsinsatser. Behovsanpassad ogräsbekämpning rekommenderas för en hållbar samhällsutveckling.

6 REFERENSER

6.1 Litteratur

Andersson, B., Nylander, J. & Svensson, S-E. 1991: *Avstrykningsteknik för bekämpning av ogräs på hårdgjorda ytor*. Institutionen för lantbruksteknik, Sveriges Lantbruksuniversitet. Institutionsmeddelande 91:06.

Ascard, J. 1995: *Thermal weed control by flaming - biological and technical aspects*. Institutionen för lantbruksteknik, Sveriges Lantbruksuniversitet. Rapport 200.

Ascard, J. 1996: *Flamning av ogräs - miljökonsekvenser och energibehov*. Fakta Trädgård nr. 1. Sveriges Lantbruksuniversitet. SLU Kontakt.

Brandel, M. 1995: *Metoder för att värdera effekter av miljöstörande verksamhet*. IVL Rapport B1200. Institutet för vatten- och luftvårdsforskning. Stockholm.

Börjesson, P. I. I. 1994: *Energianalyser av biobränsleproduktion i svenskt jord- och skogsbruk - idag och kring 2015*. Institutionen för miljö- och energisystem. Lunds Universitet. Lunds Tekniska Högskola. IMES/EESS Report No 17.

Börjesson, P. I. I. 1996: Emissions of CO₂ from biomass production and transportation in agriculture and forestry. *Energy Convers. Mgmt.* 37, 1235 - 1240.

Börjesson, P. I. I. & Gustavsson, L. 1996: Regional production and utilization of biomass in Sweden. *Energy*, 21, 747 - 764.

Fluck, R. C. (editor). 1992: *Energy in World Agriculture, vol. 6. Energy in farm production*. Elsevier Science Publishers B. V. Amsterdam, The Netherlands.

Fossdal, S. 1995: *Energi- og miljøregnskap for bygg*. Norges byggforskningsinstitutt 1995. Oslo, Norge.

Hansson, D., Ljungberg, S. & Svensson, S-E. 1994: *Ättika som ogräsbekämpningsmedel på hårdgjorda ytor - förstudie angående konsekvenser för miljö, arbetsmiljö och omgivande vegetation*. Institutionen för lantbruksteknik, Sveriges Lantbruksuniversitet. Rapport 187.

Hilding-Rydevik, T. 1990: *Miljökonsekvensbeskrivning i kommunal planering. Förutsättningar samt förslag till arbetsmetodik*. Utdrag ur avhandling. Institutionen för mark- och vattenresurser. Kungliga Tekniska Högskolan. Rapportkod: Trita-kut 90:105.

Holmström, T., Marklund, H. & Persson, P-O. (red.) 1994: *Miljöeffekter. Kompendium i miljövärd, del 4*. Kungl. Tekniska Högskolan. Miljövärdscentrum. Stockholm.

Larsson, S. 1993: *Miljökonsekvensbeskrivning av termiska ogräsbekämpningsmetoder för hårdgjorda ytor - en jämförelse mellan flamning med gasol och frysning med flytande kväve och kolsyresnö*. Institutionen för lantbruksteknik. Sveriges Lantbruksuniversitet. Rapport 168.

Lagerberg, C. 1996: *Energi och energianalyser - redovisning av en litteraturkurs om 12 p*. Institutionen för trädgårdsvetenskap. Sveriges Lantbruksuniversitet. Alnarp.

Mattsson, B. 1996: *Life Cycle Assessment (LCA) of Agricultural and Industrial Food Production*. Proceedings from the International IFOAM Conference in Copenhagen, August 1996. Reg. No. 17680. SIK, The Swedish Institute for Food and Biotechnology, Göteborg.

MKB i miljöskydds- och naturvårdslagen. Allmänna råd 95:3. 1995. Naturvårdsverket, Stockholm.

MKB - Underlag för beslut som tryggar livsmiljön. 1993. Riksantikvarieämbetet, Statens Naturvårdsverk och Boverket.

Nilsson, K., Nyström, P. & Svensson, S-E. 1988. *Termisk ogräsbekämpning på hårdgjorda ytor*. Gröna Fakta D1. MOVIMUM. Sveriges Lantbruksuniversitet, Alnarp.

Ogräsbekämpning på hårdgjorda ytor. 1990. FoU-rapport nr 23 från Svenska Kommunförbundets gatu- och trafiksektion. Kommunförbundets tryckeri.

Piga, C., Schroeder, H. & Svensson, S-E. 1996: *Nolltillväxten. Så förebygger vi ogräsproblemen på hårda ytor*. Svenska Kommunförbundet. Stockholm.

Pimentel, D. (editor). 1980: *Handbook of Energy Utilization in Agriculture*. New York State College of Agriculture and Life Sciences. CRC Press, Inc. Cornell University. Ithaca, New York. USA.

Roberts, J. A. 1991: *MKB - Vad är det?* Boverket. Karlskrona.

Stark J. G. & Wallace H. G. 1982: *Chemistry Data Book*. John Murray Publishers Ltd. London. England.

Steen, B., & Ryding, S-O. 1992. *The EPS enviro-accounting method*. Institutet för vatten- och luftvårdsforskning. Göteborg.

Svensson, S-E. 1991. *Borstning och harvning. Effektiva alternativ för ogräskontroll på hårdgjorda ytor*. Gröna Fakta D5. MOVIMUM, SLU.

Svensson, S-E & Schroeder, H. 1994: *Förebygg ogräsen*. Gröna Fakta D10. MOVIMUM, SLU.

Underlag till Lokal Agenda 21 för Ystads kommun. 1996. Miljö- och hälsoskyddsförvaltningen, Ystads Kommun.

Wennström, Å. & Magnusson, L. (red.) 1997: *Bekämpningsmedel 1997*. LTs förlag. Borås.

6.2 Personliga meddelanden

Gert Andersson. Lunds Renhållningsverk.

Margareta Arnell. Salubrin/Druvan AB. Eslöv.

Johan Ascard. Institutionen för Lantbruksteknik. Sveriges Lantbruksuniversitet, Alnarp.

Pål Börjesson. Institutionen för Miljö- och energisystem. Lunds Tekniska Högskola.

Ewe Carlsson. Lunds Renhållningsverk.

Leo Due. Utetjänst i Bjuv AB.

Ingegerd Ehn. Institutionen för Miljö- och energisystem. Lunds Tekniska Högskola.

Leif Gustavsson. Lunds Renhållningsverk.

David Hansson. Institutionen för Lantbruksteknik. Sveriges Lantbruksuniversitet, Alnarp.

Lars Henningsson. Sigurd Stave Maskin AB, Karlskrona.

Inge Johansson. Broddway, Mjölby.

Per Larsson. Tekniska Förvaltningen, Ystad Kommun.

Karin Loodberg. Lunds kommun, Miljödelegationen.

Fredrik Lundén. Monsanto, Linköping.

Mats Nyhlén. Tekniska Förvaltningen, Ystad Kommun.

Håkan Schroeder. Institutionen för Lantbruksteknik. Sveriges Lantbruksuniversitet, Alnarp.

Lars-Åke Svensson. Lunds Renhållningsverk.

Ingemo Svensson. Tekniska Förvaltningen, Ystad Kommun.

Sven-Erik Svensson. Institutionen för Lantbruksteknik. Sveriges Lantbruksuniversitet, Alnarp.

BILAGA 1. FÖRSÖKSBEHANDLINGAR PÅ DE OLIKA PLATSERNA

LUND

nr.	plats (adress)	typ av yta	metod
A11	Höstbruksvägen	asfalterad trottoar	• stålwireborstning, minitraktor
A12	Byggmästaregatan	gatsten innanför trottoar mot buskage	• stålwireborstning, minitraktor
A21	Karhögstorg	sten- och plattlagd yta	• stålwireborstning, minitraktor • sopning, minitraktor
A22	Porfyrvägen	refug, gatsten med kant/springa mot trottoarsten	• stålwireborstning, minitraktor • sopning, minitraktor
A31	Dalbyvägen	asfalterad refug	• stålwireborstning, minitraktor • flamning
A32	Nöbbelösvägen	asfalterad refug	• stålwireborstning, minitraktor • flamning
A41	Malmövägen	plattsatt refug	• stålwireborstning, minitraktor • ättika
A42	Dalbyvägen (vid E22)	refug med unisten	• stålwireborstning, minitraktor • ättika
A51	Malmövägen	refug med staket	• stålwireborstning, minitraktor • glyfosat, sprutning
A52	Västertullstorg	torg med gatsten	• stålwireborstning, minitraktor • glyfosat, sprutning
B11	Neversvägen, norra	asfalterad cykel- och gångbana / gatsten	• glyfosat, sprutning
B12	Neversvägen, södra	som ovan	• glyfosat, sprutning
	Bondevägen / Annedalsvägen, gamla	asfalterad trottoar	• glyfosat, sprutning
B21	Bondevägen / Annedalsvägen, nya	som ovan	• glyfosat, sprutning
	Byggmästaregatan	stensatt (kullersten) refug	• glyfosat, avstrykning
B22	Stattenavägen	plattsatt refug	• glyfosat, avstrykning
B31	Trollebergstrondellen	gatstenssatta refuger	• glyfosat, sprutning • sopning, minitraktor
B32	Odlarevägen / Åkergränd, gamla	asfalterad trottoar	• glyfosat, sprutning • sopning, minitraktor
	Odlarevägen / Åkergränd, nya	som ovan	• glyfosat, sprutning • sopning, minitraktor
C11	Dalbyvägen (Spyken)	kullerstensbelagd yta mellan väg och cykelbana	• ättika
C12	Kobjerstorg	torg med gatsten	• ättika

YSTAD

nr.	plats (adress)	typ av yta	metod
A11	Aulingatan	asfalterad trottoar med djup skarv	• plattstålsborstning, lastbil
A12	Söllerödsgatan	asfalterad trottoar, dåligt underhållen (dvs mycket sprickor)	• plattstålsborstning, lastbil
A21	Surbrunnsvägen	asfalterad trottoar med gatsten och små-gatsten	• plattstålsborstning, lastbil • sopning, lastbil
UTGÅR			
A22	Kroneholmsvägen	asfalterad trottoar	• plattstålsborstning, lastbil • sopning, lastbil
A31	Mölletorget	torg med plattor och gatsten	• stålwireborstning, minitraktor
(B2)			• flamning
A32	Kaparegatan	asfalterad trottoar	• plattstålsborstning, lastbil • flamning
A41	Landkasterskolan	kullerstenslagd yta, fontän och träd	• plattstålsborstning, lastbil • handhackning
A42	Stenstrykaregatan	asfalterad trottoar	• plattstålsborstning, lastbil • handhackning
B11	Holländaregatan / Banérgatan	asfalterad trottoar	• stålwireborstning, minitraktor
B12	Kaparegatan (vid Konsum)	unistenssatt gångbana	• stålwireborstning, minitraktor
B21	Mölletorget	torg med plattor och gatsten	• stålwireborstning, minitraktor • flamning
B22	Erik Dahlbergsgatan	asfalterad trottoar	• stålwireborstning, minitraktor • flamning
C11	S:t Petrikyrkan	yta framför ingången, kullersten och gatsten	• handhackning
C12	Tobaksgatan	kullerstenslagd yta	• handhackning
C2	Mölletorget	torg med plattor och gatsten	• flamning

BILAGA 2. DATUM FÖR UTFÖRDA BEKÄMPNINGAR

LUND

		antal							
A11	Höstbruksvägen	5	7 juni	1 juli	6 aug	10 sept	24 okt		
		stålwireborstning							
A12	Byggmästaregatan	5	7 juni	1 juli	6 aug	28 aug	24 sept		
		stålwireborstning							
A21	Karhögstorg	1	7 juni						
		stålwireborstning							
		sopning, minitrak.	7	3 juli	31 juli	21 aug	3 sept	20 sept	8 okt
A22	Porfylvägen	2	10 juni	1 juli					
		stålwireborstning							
		sopning, minitrak.	6		31 juli	21 aug	3 sept	24 sept	16 okt
A31	Dalbyvägen	1	10 juni						
		stålwireborstning							
		flamning	5	2 juli	1 aug	6 sept	2 okt	vecka 45	
A32	Nöbbelösvägen	1	10 juni						
		stålwireborstning							
		flamning	4	2 juli	6 aug	10 sept	16 okt		
A41	Malmövägen	1	7 juni						
		stålwireborstning							
		ättika	3	26 juli	22 aug	26 sept			
A42	Dalbyvägen	1	10 juni						
		stålwireborstning							
		ättika	4	26 juli	8 aug	26 sept	vecka 45		
A51	Malmövägen	1	7 juni						
		stålwireborstning							
		glyfosat, sprutn.	2	5 juli	*	8 okt			
A52	Västerullstorg	1	7 juni						
		stålwireborstning							
		glyfosat, sprutn.	2	5 juli	22 aug				
B11	Neversvägen, norra	3	18 juni	5 juli	18 sept				
	Neversvägen, södra	2	6 juni	18 sept					
		glyfosat, sprutn.							
		glyfosat, sprutn.							

BILAGA 3. ENERGIANALYS.

GLYFOSAT (Roundup)

Energiåtgång i hela tillverkningskedjan¹²: 452,5 MJ/kg

Använd koncentration (aktiv substans): 120 g/l = 0,12 kg/l

$$452,5 \text{ MJ/kg} \times 0,12 \text{ kg/l} = 54,3 \text{ MJ/l}$$

Förbrukning vid sprutning i detta försök: 0,0015 l/m²

$$0,0015 \text{ l/m}^2 \times 54,3 \text{ MJ/l} = \mathbf{81,45 \text{ kJ/m}^2}$$

Förbrukning vid avstrykning beräknades eller uppmättes inte i detta försök.

ÄTTIKA

Energiförbrukning:

Råvaran för ättika som är etanol importeras till Sverige från framförallt Brasilien. I en exoterm reaktion (biologisk process) framställs maximalt 12% ättika. För framställning av buteljerad ättiksprit från etanol åtgår 0,05 kWh/l¹³, dvs 180 kJ/l.

Produktion av etanol motsvarar 17% energiåtgång av totalt energiinnehåll¹⁴. Avståndet mellan Brasilien och Sverige är 22 000 km och båttransporten innebär en energiförbrukning om 0,009kWh/MWh x km¹⁵. Transportens procentuella bidrag till energiförbrukningen blir därmed:

$$22\,000 \text{ km} \times 0,009 \text{ kWh/MWh} \times \text{km} = 198 \text{ kWh/MWh} = 198 / 1000 = 0,198 \text{ (20\%)}$$

Således:

Produktion 17%

Transport + 20%

37%

att multipliceras med 180 kJ/l

$$180 \text{ kJ/l} + (180 \text{ kJ/l} \times 0,37) = 246,6 \text{ kJ/l}$$

Dos i detta försök¹⁶, 0,2 l/m²

Energiåtgång vid ogräsbekämpning med ättika:

$$246,6 \text{ kJ/l} \times 0,2 \text{ l/m}^2 = \mathbf{49,32 \text{ kJ/m}^2}$$

HANDEFLAMNING

¹² Fluck, 1992

¹³ Arnell, pers. medd

¹⁴ Börjesson, pers. medd.

¹⁵ Börjesson, pers. medd.

¹⁶ Hansson, 1994

Energiförbrukning för ogräsbekämpning av ett hektar, omfattande energiåtgång i produktionen, transport en mil och den energi som frigörs vid användningen av gasol är¹⁷:

$$1\,425\text{ MJ/ha} = 142,5\text{ kJ/m}^2$$

$$(1\text{ ha} = 10\,000\text{ m}^2)$$

Om handflamningen utförs med hjälp av en minitraktor som bärare av gasoltuberna men i övrigt handflamning tillämpas, så tillkommer energiförbrukningen för denna. För att kunna beräkna energiförbrukningen för handflamning utförd med minitraktor måste kapaciteten beräknas. Sådan beräkning är inte utförd i detta arbete.

SOPNING OCH BORSTNING

Nyckeltal:

	drivmedels- förbrukning (l/h)	tjänstevikt (kg)	vikt (kg)	arbets- hastighet (km/h) ¹⁸	livslängd	årlig an- vändning (h)
minitraktor	2,50	1470		2	12 år	800
lastbil	8,75	9500		4	13 år	1200
sop			190		150 h	
plattstålsborste			13,2		50 h	
stålwireborste			60		35 h	

Beräkning av schablon för energiåtgång för maskiner¹⁹

Framställning av råvaror	6,0 kWh/kg
Tillverkning	2,7 kWh/kg
Underhåll, reservdelar	3,6 kWh/kg
Summa	12,3 kWh/kg = 44,3 MJ/kg

Summan (44,3 MJ/kg) multipliceras med tjänstevikten enligt ovan för respektive fordon:

minitraktor:

$$44,3\text{ MJ/kg} \times 1\,470\text{ kg} = 65\,091\text{ MJ}$$

vilket divideras med livslängden och årsanvändningen:

$$65\,091\text{ MJ} / (12\text{ år} \times 800\text{ h}) = 6,78\text{ MJ/h} = 7\text{ MJ/h}$$

¹⁷ Larsson, 1993

¹⁸ Schroeder, pers. medd.

¹⁹ Börjesson, pers. medd.

lastbil:

$$44,3 \text{ MJ/kg} \times 9\,500 \text{ kg} = 420\,660 \text{ MJ}$$

vilket divideras med livslängden och årsanvändningen:

$$420\,660 \text{ MJ} / (13 \text{ år} \times 1200 \text{ h}) = 26,96 \text{ MJ/h} = 27 \text{ MJ/h}$$

Beräkning av schablon för energiåtgång för sop och borstar:

borste tillverkad av stål:

ståltillverkning: $6 \text{ kWh/kg}^{20} = 21,6 \text{ MJ/kg}$

sop tillverkad av polyester

polyester: energiåtgången approximeras till 4 x stål²¹,
dvs $4 \times 21,6 \text{ MJ/kg} = 86,4 \text{ MJ/kg}$

Bränslets energivärde:

Totala energivärdet²² för diesel är: $11\,414 \text{ kcal/l} = 47,8 \text{ MJ/l}$

lastbilens bränsleförbrukning är 8,75 l/h vilket skulle motsvaras av:

$$8,75 \text{ l/h} \times 47,8 \text{ MJ/l} = 418,25 \text{ MJ/h} = 420 \text{ MJ/h}$$

minitraktorns bränsleförbrukning är 2,5 l/h vilket skulle motsvaras av:

$$2,5 \text{ l/h} \times 47,8 \text{ MJ/l} = 119,5 \text{ MJ/h} = 120 \text{ MJ/h}$$

²⁰ Fossdal, 1995

²¹ Börjesson, pers. medd.

²² Pimentel, 1980

Beräkning av total energiförbrukning för respektive fordon och redskap (sop/borste):

	stålwire- borstning med minitraktor	plattståls- borstning med lastbil	sopning med minitraktor	sopning med lastbil
REDSKAP				
vikt (kg)	60	13,2	190	190
energivärde ²³ (MJ/kg)	x 21,6	x 21,6	x 86,4	x 86,4
energi (MJ)	= 1296	= 285	= 16 416	= 16 416
drifttimmar (h)	./ 35	./ 50	./ 150	./ 150
energi-förbrukning (MJ/h)				
	= 37	= 5,7	= 110	= 110
FORDON ²⁴ (MJ/h)	+ 7	+ 27	+ 7	+ 27
BRÄNSLE ²⁵ (MJ/h)	+ 120	+ 420	+ 120	+ 420
energiåtgång (MJ/h)	= 164	= 453	= 237	= 557
arbets hastighet (km/h)	2	4	2	4
arbetsbredd (m)	x 0,4	x 0,4	x 1,2	x 1,2
=				
kapacitet (m ² /h)	= 800	= 1 600	= 2 400	= 4 800
Total energiförbrukning (energiåtgång ./ kapacitet) för respektive metod (kJ/m²)	= 205	= 283	= 99	= 116

²³ för stål respektive polyester

²⁴ enl. beräkning ovan

²⁵ enl. beräkning ovan

BILAGA 4. BERÄKNING AV CO₂-EMISSION

Förbränning av 1 MJ fossila bränslen emitterar 0,084 kg CO₂²⁶. Energiåtgången för borstning med minitraktor eller lastbil (punkterna 1 - 4 nedan) utgörs förutom av bränsle (i form av diesel) också av energiinsats vid tillverkning av redskap och fordon (främst i form av fossila bränslen) med motsvarande emission av koldioxid. Emissionen approximeras till 0,084 g CO₂/kJ fossila bränslen.

1. Stålwireborstning med minitraktor.

Total energiförbrukning: 205 kJ/m²

$$205 \times 0,084 = 17,2 \text{ g CO}_2/\text{m}^2$$

2. Plattstålsborstning med lastbil

Total energiförbrukning: 283 kJ/m²

$$283 \times 0,084 = 23,8 \text{ g CO}_2/\text{m}^2$$

3. Sopning med minitraktor

Total energiförbrukning: 99 kJ/m²

$$99 \times 0,084 = 8,3 \text{ g CO}_2/\text{m}^2$$

4. Sopning med lastbil

Total energiförbrukning: 116 kJ/m²

$$116 \times 0,084 = 9,7 \text{ g CO}_2/\text{m}^2$$

5. Ättika

Ättika framställs av etanol som i sin tur framställts av biomassa. Detta innebär att utsläppen av koldioxid i detta fall inte är nettokoldioxid och därmed inte bidrar till växthuseffekten. Däremot räknas emitterad koldioxid som härrör från fossila bränslen som används vid transporter och tillverkning med.

$$49,32 \text{ kJ/m}^2 \times 0,084 \text{ g CO}_2/\text{kJ} = 4,1 \text{ g CO}_2/\text{m}^2$$

6. Flamning

Sammanlagt 93,2 kg koldioxid²⁷ bildas vid ogräsbehandling av ett hektar beräknat på produktion och användning av den erforderliga mängden (30 kg/ha), plus transport en mil från fabrik.

$$93,2 \text{ kg CO}_2/\text{ha} = 9,3 \text{ g CO}_2/\text{m}^2$$

(Att jämföras med naturgas²⁸ som framförallt består av metangas:

$$143 \text{ kJ/m}^2 \times 0,065 \text{ g CO}_2/\text{kJ} = 9,3 \text{ g CO}_2/\text{m}^2)$$

7. Glyfosat

Vid tillverkning av pesticider används framförallt olja²⁹, varför man kan anta ett koldioxidutsläpp motsvarande 0,084 g CO₂/kJ

$$81 \text{ kJ/m}^2 \times 0,084 \text{ g CO}_2/\text{kJ} = 6,8 \text{ g CO}_2/\text{m}^2$$

²⁶ Börjesson, 1996

²⁷ Larsson, 1993

²⁸ Förbränning av naturgas emitterar 0,065 g CO₂/kJ (Börjesson, 1996).

²⁹ Börjesson, 1996

BILAGA 5. KEMIKALIEINSPEKTIONENS GODKÄNNANDE AV KEMISKA BEKÄMPNINGSMEDEL.

Följande text är hämtad ur boken Bekämpningsmedel 1996.

Lagen om kemiska produkter reglerar hanteringen av kemiska substanser och produkter samt importer från länder utanför den Europeiska Unionen. Syftet är att förebygga att skada på människors hälsa och i miljön förorsakas av kemiska ämnens inneboende egenskaper. När Kemikalieinspektionen prövar om ett bekämpningsmedel skall godkännas görs flera slag av bedömningar; faroanalys, riskanalys, nyttoanalys samt konsekvensanalys. Dessa bedömningar ligger till grund för en risk/nyttovärdering och med hänsyn till denna tas beslut om godkännande eller avslag.

Bekämpningsmedel märks på samma vis som alla andra kemikalier. Förutom farlighetsklass och generella risk- och skyddsfraser märks bekämpningsmedlen med extra fraser som grundar sig på den speciella användning som godkännandet gäller för. Bekämpningsmedel indelas i 4 farlighetsklasser som utmärks med en symbolruta med svart text på orange botten. Förutom farosymbolerna skall medlen märkas med behörighetsklass, som talar om vem som är behörig att använda medlen.

Indelning i farlighetsklasser:

Farlighetsklass	Symbol	Behörighetsklass
Livsfarliga varor	Dödskalle	1
Mycket farliga varor	Dödskalle	1 och 2
Farliga varor	Andreaskors	1, 2 och 3
Måttligt farliga varor	"Läs varningstexten"	2 och 3

Indelning i behörighetsklasser:

Behörighetsklass	Användningsområde
1L, 1SO, 1SOX	Medel som får användas endast för yrkesmässigt bruk av den som har särskilt tillstånd.
2L	Medel som får användas endast för yrkesmässigt bruk av den som uppfyller särskilda kunskapskrav.
2	Medel som får användas endast för yrkesmässigt bruk.
3	Medel som får användas av var och en.